

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE ODONTOLOGÍA



EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FATIGA CÍCLICA DE
DIFERENTES INSTRUMENTOS ROTATORIOS: PROTAPER
GOLD, PROTAPER NEXT, HYFLEX CM, RECIPROC,
WAVE ONE Y WAVE ONE GOLD.

Por

ANA KAREN CALDERÓN GUTIÉRREZ

Como requisito parcial para obtener el Grado de
MAESTRÍA EN CIENCIAS ODONTOLÓGICAS
EN EL ÁREA DE ENDODONCIA

Julio, 2016



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO



EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FATIGA CÍCLICA DE
DIFERENTES INSTRUMENTOS ROTATORIOS: PROTAPER
GOLD, PROTAPER NEXT, HYFLEX CM, RECIPROC,
WAVE ONE Y WAVE ONE GOLD.

Por

ANA KAREN CALDERÓN GUTIÉRREZ

Como requisito parcial para obtener el Grado de
MAESTRÍA EN CIENCIAS ODONTOLÓGICAS
EN EL ÁREA DE ENDODONCIA

Julio, 2016

**EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FATIGA CÍCLICA DE
DIFERENTES INSTRUMENTOS ROTATORIOS: PROTAPER
GOLD, PROTAPER NEXT, HYFLEX CM, RECIPROC,
WAVE ONE Y WAVE ONE GOLD.**

Comité de Tesis

CD.MS. Jorge Jaime Flores Treviño
Director de Tesis

PhD. Idalia Rodríguez Delgado PhD
Co-Director de Tesis

ASESORES

Dr. José Aranguren Cangas
Asesor Externo

MCEE. Elizabeth Madla Cruz
Asesor Metodológico

PhD. Edgardo Escalante Vázquez
Asesor Estadístico

**EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FATIGA CÍCLICA DE
DIFERENTES INSTRUMENTOS ROTATORIOS: PROTAPER
GOLD, PROTAPER NEXT, HYFLEX CM, RECIPROC,
WAVE ONE Y WAVE ONE GOLD.**

CD.MS. JORGE JAIME FLORES TREVIÑO
COORDINADOR DEL POSGRADO DE ENDODONCIA

PhD. SERGIO EDUARDO NAKAGOSHI CEPEDA
SUBDIRECTOR DE ESTUDIOS SUPERIORES

**EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FATIGA CÍCLICA DE
DIFERENTES INSTRUMENTOS ROTATORIOS: PROTAPER
GOLD, PROTAPER NEXT, HYFLEX CM, RECIPROC,
WAVE ONE Y WAVE ONE GOLD.**

APROBACIÓN DE LA TESIS

LOS MIEMBROS DEL JURADO ACEPTAMOS LA INVESTIGACIÓN Y
APROBAMOS EL DOCUMENTO QUE AVALA LA MISMA; COMO
REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRÍA EN CIENCIAS ODONTOLÓGICAS EN EL
ÁREA DE ENDODONCIA.

HONORABLES MIEMBROS DEL JURADO

PRESIDENTE

SECRETARIO

VOCAL

TABLA DE CONTENIDO

Sección	Página
AGRADECIMIENTOS.....	iv
DEDICATORIA.....	vi
LISTA DE TABLAS.....	vii
LISTA DE FIGURAS.....	viii
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. HIPÓTESIS.....	3
3. OBJETIVOS.....	4
3.1 Objetivo General	
3.2 Objetivos Particulares	
4. ANTECEDENTES.....	5
4.1 Dominio de la Instrumentación.....	6
4.2 Tratamiento Termomecánico.....	7
4.2.1 ProTaper Next.....	8
4.2.2 ProTaper Gold.....	9
4.2.3 Hyflex CM.....	10
4.2.4 Reciproc.....	11
4.2.5 Wave One.....	12
4.2.6 Wave One Gold.....	13
4.3 Tipo de Movimiento.....	14
4.4 Mayor Resistencia a la Fatiga Cíclica.....	15
4.4.1 Medición de la Fatiga Cíclica.....	17
4.5 Transporte Apical del Conducto.....	18
4.6 Curvatura en Molares Inferiores.....	18

4.6.1 Método de Schneider.....	19
5. MARCO DE REFERENCIA.....	22
6. MATERIALES Y MÉTODOS.....	27
7. RESULTADOS	30
8. DISCUSIÓN.....	34
9. CONCLUSIONES.....	38
RECOMENDACIONES.....	39
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	40

AGRADECIMIENTOS

Dra. Alejandra Cantú Morales, ha sido una bendición para mi durante este posgrado, gracias por mi regalo de cumpleaños 26, todo este sueño empezó en ese Hands On y a través de usted, Dios lo comenzó a hacer posible.

Dr. Jorge Jaime Flores Treviño, es un privilegio tenerlo de coordinador, director de tesis, maestro, padrino de generación, compañero de patente y guía en este posgrado, con su ejemplo nos ha impulsado a ser personas íntegras y responsables. Nos ha enseñado mucho más de lo que puede pensar. Muchas gracias Doctor.

Dra. Idalia Rodríguez Delgado, gracias por su invaluable ayuda desde el protocolo y hasta la culminación de mi tesis. Su experiencia ha sido fundamental en este proyecto. Gracias por animarnos, aconsejarnos y apoyarnos siempre.

Dr. José Aranguren Cangas, gracias por invitarme a Madrid para realizar mi tesis. Ha sido un honor para mi compartir con usted tanto de su conocimiento y experiencia para realizar este increíble proyecto.

Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología CONACyT, gracias por el apoyo económico brindado durante todo mi posgrado.

Empresa Mimsa Maquinados, al Ing. Raymundo López y al Ing. David Cardona, agradezco mucho el tiempo invertido y su excelente disposición en todo momento para el diseño y realización de mi aparato.

Al Centro de Incubación de Empresas y Transferencia de Tecnología CIETT, UANL. Mi especial agradecimiento al LBG. Fernando Figueroa García, por su paciencia y ayuda durante el proceso (66 correos electrónicos) de registro en el IMPI y el concurso del Premio a la Invención UANL 2015.

A las casas comerciales Dentsply y Coltene por facilitarme de manera gratuita los instrumentos WaveOne, Wave One Gold, ProTaper Next, ProTaper Gold y Hyflex CM, para la realización de esta tesis.

Dra. Elizabeth Madla Cruz y Dra. Mayra Martínez García, el mejor equipo que el posgrado nos pudo regalar, siempre disponibles, siempre pacientes y siempre presentes en nuestros momentos importantes, las queremos, GRACIAS.

Mis Endo π , gracias por cada momento que disfrutamos y celebramos juntos los logros de todos, cada uno de ustedes forma parte de una increíble experiencia de mi vida, juntos dejamos huella en este posgrado. Los llevo para siempre en mi corazón.

Ing. Arturo Zepeda Galindo, muchas gracias por su valioso y excelente trabajo en la edición de las imágenes de esta tesis.

A mi familia: mi esposo, mis papás y mis hermanos, eternas gracias a Dios por tener el privilegio de compartir toda nuestra vida juntos, son el mayor tesoro que Dios me dio. Un logro más que es de todos. Los amo con todo mi corazón.

DEDICATORIA

Al que tiene la llave que cuando abre, nadie puede cerrar y cuando cierra, nadie puede abrir. He visto durante todo este tiempo, Tu amor abriendo puertas para mi y nadie ha podido impedirlo. Gracias Dios, eres REAL.

“Este es el mensaje de Aquel que es Verdadero, el que tiene la llave que lo que Él abre, nadie puede cerrar; y lo que Él cierra, nadie puede abrir: Ahora escucha lo que te voy a decir: Estoy enterado de todo lo que haces, y sé que, a pesar de que tienes poco poder, me has obedecido en todo y nunca has negado conocerme. Por eso, pon atención: *Yo te he abierto la puerta, y nadie podrá cerrarla.*”

Apocalipsis 3:7-8

LISTA DE TABLAS

Tabla	Página
I. Comparación de la media del tiempo hasta la fractura de los sistemas examinados.....	30
II. Valor de la media del tiempo hasta la fractura de los instrumentos examinados, agrupados por tipo de movimiento.....	31
III. Valor de la media de CM y Cm de cada sistema. Transporte apical de los instrumento.....	33
IV. Resultados ProTaper Gold.....	48
V. Resultados ProTaper Next.....	49
VI. Resultados Hyflex CM.....	50
VII. Resultados Reciproc.....	51
VIII. Resultados Wave One.....	52
IX. Resultados Wave One Gold.....	53

LISTA DE FIGURAS

Figuras	Página
1. Método Schneider utilizado para determinar la curvatura primaria del conducto radicular en una vista clínica.....	20
2. Método Schneider utilizado para determinar la curvatura secundaria del conducto radicular en una vista proximal.....	21
3. Motor wave•oneTM.....	54
4. Diseño para dispositivo de medición de fatiga cíclica- vista frontal.....	54
5. Diseño para dispositivo de medición de fatiga cíclica- vista lateral derecha.....	55
6. Diseño para dispositivo de medición de fatiga cíclica- curvatura bucolingual y mesiodistal.....	56
7. Proceso de manufactura del dispositivo para medición de fatiga cíclica.....	56
8. CF Endo Tester- vista frontal.....	57
9. CF Endo Tester- vista lateral.....	57
10. Curvatura primara y secundaria del dispositivo CF Endo Tester.....	58
11. Estudio Piloto en Universidad Rey Juan Carlos.....	58
12. CF Endo Tester en Inström e instrumento rotatorio a examinar.....	59
13. Gráfica en programa Bluehill mostrando	

la rotación del instrumento.....	59
14. Tabla de resultados del programa Bluehill.....	60
15. Desensamble del acrílico deslizable para retirar el fragmento fracturado.....	61
16. Instrumento Reciproc fracturado.....	61
17. Instrumentos analizados y sus fragmentos fracturados.....	62
18. Gráfica del tiempo hasta la fractura de los sistemas analizados.....	31
19. Gráfica del tiempo hasta la fractura de los sistemas examinados, agrupados según su movimiento.....	32
20. Gráfica del transporte apical de los sistemas analizados.....	33
21. Registro de Patente al Instituto Mexicano de la Propiedad Intelectual del CF Endo Tester.....	63
22. Realización de Experimento en Laboratorio 2.015 de la Universidad Rey Juan Carlos.....	64
23. Gráfica ProTaper Gold, muestra 1.....	65
24. Gráfica ProTaper Gold, muestra 2.....	65
25. Gráfica ProTaper Gold, muestra 3.....	66
26. Gráfica ProTaper Gold, muestra 4.....	66
27. Gráfica ProTaper Gold, muestra 5.....	67
28. Gráfica ProTaper Gold, muestra 6.....	67
29. Gráfica ProTaper Gold, muestra 7.....	68
30. Gráfica ProTaper Gold, muestra 8.....	68
31. Gráfica ProTaper Gold, muestra 9.....	69
32. Gráfica ProTaper Gold, muestra 10.....	69
33. Gráfica ProTaper Next, muestra 1.....	70
34. Gráfica ProTaper Next, muestra 2.....	70

35.	Gráfica ProTaper Next, muestra 3.....	71
36.	Gráfica ProTaper Next, muestra 4.....	71
37.	Gráfica ProTaper Next, muestra 5.....	72
38.	Gráfica ProTaper Next, muestra 6.....	72
39.	Gráfica ProTaper Next, muestra 7.....	73
40.	Gráfica ProTaper Next, muestra 8.....	73
41.	Gráfica ProTaper Next, muestra 9.....	74
42.	Gráfica ProTaper Next, muestra 10.....	74
43.	Gráfica Hyflex, muestra 1.....	75
44.	Gráfica Hyflex, muestra 2.....	75
45.	Gráfica Hyflex, muestra 3.....	76
46.	Gráfica Hyflex, muestra 4.....	76
47.	Gráfica Hyflex, muestra 5.....	77
48.	Gráfica Hyflex, muestra 6.....	77
49.	Gráfica Hyflex, muestra 7.....	78
50.	Gráfica Hyflex, muestra 8.....	78
51.	Gráfica Hyflex, muestra 9.....	79
52.	Gráfica Hyflex, muestra 10.....	79
53.	Gráfica Reciproc, muestra 1.....	80
54.	Gráfica Reciproc, muestra 2.....	80
55.	Gráfica Reciproc, muestra 3.....	81
56.	Gráfica Reciproc, muestra 4.....	81
57.	Gráfica Reciproc, muestra 5.....	82
58.	Gráfica Reciproc, muestra 6.....	82
59.	Gráfica Reciproc, muestra 7.....	83
60.	Gráfica Reciproc, muestra 8.....	83
61.	Gráfica Reciproc, muestra 9.....	84
62.	Gráfica Reciproc, muestra 10.....	84
63.	Gráfica Wave One, muestra 1.....	85
64.	Gráfica Wave One, muestra 2.....	85
65.	Gráfica Wave One, muestra 3.....	86

66.	Gráfica Wave One, muestra 4.....	86
67.	Gráfica Wave One, muestra 5.....	87
68.	Gráfica Wave One, muestra 6.....	87
69.	Gráfica Wave One, muestra 7.....	88
70.	Gráfica Wave One, muestra 8.....	88
71.	Gráfica Wave One, muestra 9.....	89
72.	Gráfica Wave One, muestra 10.....	89
73.	Gráfica Wave One Gold, muestra 1.....	90
74.	Gráfica Wave One Gold, muestra 2.....	90
75.	Gráfica Wave One Gold, muestra 3.....	91
76.	Gráfica Wave One Gold, muestra 4.....	91
77.	Gráfica Wave One Gold, muestra 5.....	92
78.	Gráfica Wave One Gold, muestra 6.....	92
79.	Gráfica Wave One Gold, muestra 7.....	93
80.	Gráfica Wave One Gold, muestra 8.....	93
81.	Gráfica Wave One Gold, muestra 9.....	94
82.	Gráfica Wave One Gold, muestra 10.....	94

RESUMEN

Introducción: En endodoncia, la instrumentación, juega un rol importante para el cumplimiento de los objetivos del tratamiento; los instrumentos NiTi pueden fracturarse dentro del conducto radicular, teniendo como consecuencia una posible reinfección o fracaso futuro del tratamiento de endodoncia.

Objetivos: Se evaluó la resistencia a la fatiga cíclica mediante el uso de instrumentos rotatorios y reciprocantes en un modelo con doble curvatura in vitro.

Métodos: Se seleccionaron 10 instrumentos de cada uno de los sistemas rotatorios: ProTaper Gold, ProTaper Next, HyFlex CM, Reciproc, Wave One y Wave One Gold. Se colocaron en el motor wave•one™ activados en movimiento rotatorio y reciprocante, según las instrucciones del fabricante, y a su vez, la cabeza del motor se fijó a la máquina Inström para que todos los instrumentos se probaran con la misma presión y longitud. Los instrumentos se introdujeron al dispositivo CF Endo Tester, donde se rotaron hasta que la lima sufrió la fractura.

Resultados: Se empleó la prueba comparativa de Tukey. Wave One Gold mostró la mayor resistencia a la fatiga cíclica (1.7374), con diferencia significativa a los otros grupos, seguido de ProTaper Gold (0.5704), Reciproc (0.309), Wave One (-0.057), HyFlex CM (-0.691) y por último, ProTaper Next (-1.238). El grupo reciprocante tuvo mayor resistencia a la fatiga cíclica de manera significativa (0.06012) al grupo rotatorio (0.08439). Todos los sistemas presentaron transportación apical. ProTaper Next con la mayor transportación (1.5900) y Wave One Gold con la menor (0.5900).

Discusión: Los resultados que se obtuvieron en el presente estudio, concuerdan con lo publicado por Aranguren y Kuttler, 2015, donde demuestran que la aleación Gold posee mayor resistencia a la fatiga cíclica en comparación con M-Wire y CM.

Conclusiones: Wave One Gold obtuvo mayor resistencia a la fatiga cíclica comparada con los otros sistemas. El movimiento reciprocante resultó más resistente a la fatiga cíclica. Todos los sistemas causaron transportación apical.

ABSTRACT

Introduction: Root canal treatment is where the pulp is completely extracted and disinfected through different processes, including instrumentation, where NiTi rotary instruments are introduced into the root canal, giving it a shape. Although these instruments have already been improved in their cyclic fatigue resistance during manufacture, it still of great concern, because they can fracture inside the root canal; having as a result a possible reinfection or endodontic treatment failure.

Objectives: Cyclic fatigue resistance was evaluated by using rotary and reciprocating instruments in a device with double curvature in vitro.

Methods: 10 instruments of each rotary system were selected: ProTaper Gold, ProTaper Next, HyFlex CM, Reciproc, Wave One and Wave One Gold. They were placed in the wave•one™ motor and activated according to the manufacturer's instructions; the motor head was placed in the Inström machine so that all instruments were tested with the same pressure and to the same length. The instruments were introduced to the CF Endo Tester, where they were rotated until the file suffered the fracture.

Results: Tukey comparison test was used. Wave One Gold showed the highest cyclic fatigue resistance (1.7374), with statistically significant difference among the other groups, followed by ProTaper Gold (0.5704), Reciproc (0.309), Wave One (-0.057), HyFlex CM (-0.691) and finally ProTaper Next (-1.238). The reciprocating group had higher cyclic fatigue resistance (0.06012) to the rotating group (0.08439). All systems produced apical transportation. ProTaper Next the higher transportation (1.5900) and Wave One Gold with the lowest (0.5900).

Conclusions: Wave One Gold obtained higher cyclic fatigue resistance compared to other systems. The reciprocating motion proved more resistance to cyclic fatigue. All systems caused apical transportation.

1. INTRODUCCIÓN

El tratamiento de endodoncia es aquel en el cual se extrae por completo la pulpa del diente para desinfectarlo por medio de varios procesos que incluyen la preparación del acceso a la entrada de los conductos pulpares, la medida de la longitud de trabajo, donde se encuentra la medida de cada nervio para lograr limpiarlo en su totalidad y así desinfectar lo más posible esta superficie, con la ayuda también de irrigantes que disuelven el material orgánico dentro de la raíz. La conformación de la raíz se realiza por medio de varios instrumentos que se utilizan para remover este tejido y finalizando esta etapa se coloca un irrigante final con el propósito de disolver el tejido inorgánico y poder hacer una preparación adecuada del diente para la obturación, que es el momento de rellenar cada conducto dentro de las raíces, con un material adecuado para evitar su contaminación futura; logrando que el diente permanezca en la cavidad oral con una restauración y siga llevando a cabo sus diferentes funciones; como son la masticación, fonación y estética.

Entre las etapas de la endodoncia está la instrumentación, esta conformación que se le da al conducto es esencial para llevar a cabo el tratamiento de endodoncia. Aquí se utilizan instrumentos rotatorios de níquel titanio tratados termomecánicamente, los cuales tienen una alta elasticidad y resistencia a la fatiga cíclica, comparados con los mismos instrumentos pero elaborados de níquel titanio convencional. Estos instrumentos se introducen dentro del conducto radicular y funcionan tocando sus paredes, dándole una forma apropiada a la raíz para recibir el material de obturación final.

Aunque estos instrumentos rotatorios ya se han mejorado en su resistencia a la fractura por medio de diferentes procesos durante su fabricación, sigue siendo para el endodoncista una gran preocupación durante la instrumentación en el tratamiento; ya que estos se fracturan dentro del conducto y por su limitado acceso es difícil sacar o

sobrepasar este fragmento fracturado; teniendo como consecuencia una endodoncia con una obturación pobre o deficiente, y como consecuencia una muy posible reinfección o fracaso del tratamiento a corto o largo plazo.

Hoy en día se han desarrollado múltiples sistemas de instrumentación rotatoria que le permiten al operador decidir entre diferentes materiales, cinemáticas (movimientos), estilos y tamaños para trabajar dentro del conducto radicular.

Uno de los problemas que más frecuentemente se presenta durante el tratamiento, son los conductos de curvaturas muy pronunciadas, donde la fractura del instrumento tiene más probabilidad de ocurrir. Un ejemplo de esto podría ser una raíz mesiobucal de la primera molar inferior que presenta comúnmente una doble curvatura, que va en sentido bucolingual con un promedio de 17 grados, y después la curva cambia en sentido mesiodistal con un promedio de 28 grados, siendo esta raíz uno de los lugares más frecuentes donde suele ocasionarse la fractura del instrumento.

En esta investigación se utilizará un dispositivo de acero inoxidable, donde se simulará un conducto radicular, que se usará para medir la resistencia a la fatiga cíclica de seis sistemas de instrumentación rotatoria distintos llamados ProTaper Gold, ProTaper Next, HyFlex CM, Reciproc, Wave One y Wave One Gold con los cuales, se buscará medir esta resistencia y encontrar que tipo de movimiento, aleación y diámetro pueden ser factores para que el instrumento sea más seguro durante el tratamiento de endodoncia y evitar así su separación dentro del conducto, obteniendo con esto, un tratamiento más ideal en su calidad y por lo tanto, un mejor pronóstico a futuro.

2. HIPÓTESIS

Los instrumentos con movimiento reciprocante (Reciproc, Wave One y Wave One Gold) poseen mayor resistencia a la fatiga cíclica que los instrumentos con movimiento rotatorio (ProTaper Gold, ProTaper Next y HyFlex CM).

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL:

Se evaluó la resistencia a la fatiga cíclica mediante el uso de instrumentos rotatorios y reciprocantes en un modelo con doble curvatura in vitro.

3.2 OBJETIVOS PARTICULARES:

Se analizó la fatiga cíclica en un modelo con doble curvatura in vitro de los instrumentos ProTaper Gold, ProTaper Next, HyFlex CM, Reciproc, Wave One y Wave One Gold.

Se determinó el tiempo de la fatiga cíclica entre los instrumentos rotatorios vs. reciprocantes.

Se comparó el transporte apical entre los instrumentos utilizados.

4. ANTECEDENTES

La meta del tratamiento de conductos es alcanzar un estándar alto de desinfección y rellenar el canal para prevenir su reinfección. Esto requiere de una conformación adecuada que permita a los irrigantes llegar al punto apical del canal y mejorar la acción bactericida (Pedulla et al., 2011). Se ha demostrado que las limas rotatorias NiTi, proporcionan una instrumentación ideal que mejora la conformación en los tratamientos con largas curvaturas radiculares (Pirani et al., 2011). Con el advenimiento de esta aleación es que se hace posible diseñar y utilizar instrumentos de conicidad aumentada para ensanchar conductos curvos sin excesivo riesgo de errores de procedimiento (Gambarini et al., 2009).

En 1988 Walia y col. introdujeron esta aleación en el área de la endodoncia que contiene aproximadamente 56% de níquel y 44% de titanio (Shen et al., 2013). Los instrumentos rotatorios NiTi ofrecen una mayor flexibilidad y clínicamente, menor extrusión periapical de residuos (Azar y Mokhtare, 2011). Además se ha comprobado que es un material más compatible y resistente a la corrosión (Shen et al., 2012).

Sin embargo, a pesar de las numerosas ventajas de la instrumentación rotatoria con esta aleación, la fractura del instrumento dentro del conducto radicular sigue siendo un gran desafío a superar (Castelló et al., 2012). La resistencia de una lima se debe a las fuerzas cohesivas entre átomos. Conforme se aplica fuerza, se deforma la lima, y por consecuencia, las fuerzas para separar los átomos se incrementan y sus atracciones disminuyen. La fractura ocurre cuando la fuerza de separación de los átomos supera a la fuerza de atracción (McSpadden, 2006). El fenómeno de la repetición de la fatiga cíclica del metal puede ser el factor más importante para la separación cuando los instrumentos son colocados en conductos curvos (Castelló et al., 2012).

Clínicamente, hay un riesgo potencial en el instrumental NiTi de separación en el conducto, incluso instrumentos nuevos pueden fracturarse de forma inesperada en el primer uso, ya que el NiTi puede no manifestar ningún signo visible de deformación permanente durante el uso clínico y la separación de la lima ocurre repentinamente (Kim et al., 2010).

La fatiga cíclica sucede cuando el instrumento continua su rotación libremente en una curvatura y en el punto de flexión máxima, ciclos de tensión y compresión se generan hasta que la fractura ocurre (Vadhana et al., 2014). Esta fractura es como resultado de una falla o fatiga torsional o flexural (Tsujimoto et al., 2014). La falla torsional se genera cuando la punta del instrumento se traba en la dentina mientras que el vástago continúa girando (Capar et al., 2014). La fatiga flexural ocurre cuando el instrumento gira libremente en una curvatura, generando ciclos de compresión y tensión en el punto de máxima curvatura. La parte del eje del instrumento en el exterior de la curva está en tensión, mientras que la otra parte en la parte interior de la curva está en compresión. La repetición del ciclo tensión/compresión ocasiona un acúmulo de cambios microestructurales en el instrumento, los que pueden conducir a su fractura (Al- Hadlaq et al., 2010).

4.1 Dominio de la Instrumentación

Al usar cualquier diseño de lima, es imperativa la comprensión de la física rudimentaria involucrada en su uso para que el profesional aproveche completamente sus beneficios. También debe lograrse el reconocimiento de las características del instrumento que mejoran la utilidad o que plantean posibles riesgos. Esta necesidad es especialmente importante al emplear un nuevo diseño de lima. Independientemente del diseño y la técnica, hay ciertas consideraciones que proporcionan la comprensión para usar la instrumentación rotatoria con máximo provecho. La meta final para cualquiera que use instrumentación rotatoria no sólo es poder reconocer ese instante fundamental

justamente antes de que ocurran complicaciones, sino reconocer el abordaje más apropiado para lograr soluciones. La meta sólo puede alcanzarse mediante la comprensión minuciosa de la función del diseño.

Que tan bien se desempeñe una lima siguiendo una técnica específica, no debe ser la medida de su efectividad; más bien, la capacidad de su efectividad deberá ser cuán bien puede abordar los requerimientos de la anatomía del conducto. Puesto que las anatomías de los conductos varían, las técnicas para limpieza y conformación del conducto pueden incluir modificaciones y es posible que incluyan instrumentos de diferentes tipos (McSpadden, 2006).

4.2 Tratamiento Termomecánico

A principios del 2000 una serie de estudios encontraron que por medio de calor se puede modificar efectivamente el comportamiento de la aleación NiTi, incrementando su flexibilidad (Shen et al., 2013). Así, alterando microestructuralmente sus propiedades mecánicas se consiguen propiedades muy superiores al NiTi convencional. Este proceso termomecánico abarca el endurecimiento y el tratamiento térmico del material en un solo proceso. En reposo, estos instrumentos se encuentran en fase austenita, mientras que al estar en movimiento rotatorio o reciprocante durante el uso clínico, presentan una deformación conocida como martensita, la cual es susceptible a la fractura o a la deformación (Shen et al., 2013) (Testarelli et al., 2011).

Esta mejora en el manejo del material ha desarrollado una nueva generación de instrumentos de endodoncia. En el 2007, se introdujo M-Wire (Dentsply Tulsa Dental Specialities) que es producido aplicando una serie de tratamientos con calor en los alambres de NiTi (Shen et al., 2013). Recientemente se introducen 2 nuevas marcas con el concepto de reciprocidad, el sistema Wave One y Reciproc, los dos con el concepto de lima única, una de ellas con tamaño 25 y taper 0.08, producidas con M-Wire y angulación izquierda de las hojas de corte (Plotino et al., 2014).

Recientemente, el tratamiento de las aleaciones de NiTi, que son: memoria controlada (CM Wire; DS Dental, Johnson City, TN), M-Wire (Dentsply Tulsa Dental Specialities, Tulsa, OK) y Fase-R (SybronEndo, Orange, CA) se han utilizado para modificar las propiedades mecánicas de estos materiales. El procesamiento termomecánico es usado frecuentemente para optimizar la microestructura y el comportamiento de la transformación de la aleación, que como resultado tiene mejor influencia en las propiedades mecánicas de los instrumentos NiTi (Hieawy et al., 2015).

4.2.1 ProTaper Next

El sistema ProTaper (Dentsply Tulsa Dental, Tulsa, OK) está compuesto por una serie de instrumentos con taper variable, sección transversal rectangular y puntas activas (Borges et al., 2016). Este diseño facilita su corte durante el movimiento y la posibilidad de remover relativamente más dentina en el tercio coronal comparado con otros sistemas (Kansal et al., 2014). Este sistema es ampliamente utilizado en la práctica clínica y recomienda el uso de mayores calibres durante la preparación del conducto. A diferencia de ProTaper Next, los calibres amplios de los instrumentos de ProTaper Universal al compararse con otros sistemas, pueden causar alteraciones en la anatomía del conducto radicular, incluyendo la transportación (Zanette et al., 2014).

Recientemente, ProTaper Next se introdujo con una nueva aleación de alambre M-Wire con características de un diseño que incluye conicidad variable y una sección transversal rectangular descentrada (Uygun et al., 2015). El proceso termomecánico M-Wire por el que se fabrican estos instrumentos, es una nueva y más flexible aleación que ha reportado incrementar la fatiga cíclica de los instrumentos hasta 4 veces más (Arias et al., 2014).

ProTaper Next es un nuevo sistema de instrumentos rotatorios basado en la convergencia de un diseño cónico variable sobre una lima determinada con tecnología

M-Wire. El set incluye 5 instrumentos de conicidad variable: en la punta X1: #17/.04, X2: #25/.06, X3: #30/.070, X4: #40/.06 Y X5 #50/.06. Todos los instrumentos deben seguir el conducto de forma pasiva hasta llegar a la longitud de trabajo establecida (Zhao et al., 2014).

Actualmente, los parámetros de uso de ProTaper Next se establecen más allá de las recomendaciones del fabricante, que son 300 rpm y un torque preestablecido entre 2-5.2 ncm, pero los datos respecto a esto son escasos. Para la aplicación clínica segura y afectiva es necesario un conocimiento más específico de las mejores recomendaciones de torque para diferentes anatomías del sistema de conductos. De hecho, en la actualidad hay poca literatura disponible sobre el torque y la fuerza ejercida durante la instrumentación del conducto con ProTaper Next en comparación con ProTaper Universal (Arias et al., 2014).

4.2.2 ProTaper Gold

El sistema ProTaper Gold (Dentsply Maillefer, Baillagues, Switzerland) posee la misma acción de rotación, mismo motor y mismas características que ProTaper Universal, pero con diferente aleación. El instrumento PTG es repetidamente tratado con calor y después es enfriado, brindándole al instrumento un distinguido color oro. Según el fabricante, la tecnología Gold le provee al instrumento flexibilidad aumentada y mayor resistencia a la fatiga cíclica (Karatas et al., 2016). Este sistema cuenta con tres instrumentos (F1, F2 y F3), con el mismo tamaño y geometría que ProTaper Universal (Uygun et al., 2015).

4.2.3 HyFlex CM

El sistema HyFlex CM fue comercializado en el 2011 por Coltene, Whaledent. Estos instrumentos fueron creados en un intento de superar la tendencia de transportar el conducto. Hyflex CM fue desarrollado con un porcentaje menor de níquel (52%), a diferencia del peso común en el NiTi convencional (54.5-57%). Al disminuir el peso de níquel fue posible crear un metal más blando y reducir su dureza. Esto le permite al sistema HyFlex ser menos agresivo en el corte de la dentina y permanecer centrado dentro del conducto durante la instrumentación (Thompson et al, 2014). El instrumento HyFlex CM tiene un diseño simétrico en su sección transversal con 3 filos de corte (Capar et al., 2014).

Los cambios en la aleación NiTi CM se llevan a cabo durante el procesamiento de la fase martensítica del alambre durante su fabricación. La fase martensítica es una forma más flexible del alambre que da como resultado una mayor elasticidad y resistencia a la fatiga cíclica. La deformación de una lima NiTi es común después de que el instrumento ha sido sometido a un conducto curvo. HyFlex a pesar de la deformación puede volver a su forma original después de la esterilización en autoclave o con la aplicación directa de calor (Thompson et al., 2014).

CM Wire es una nueva forma de la aleación NiTi introducida por DS Dental en el 2010. Estos instrumentos tienen una resistencia a la fatiga de 300-800% mayor que instrumentos con el NiTi convencional. (Shen et al., 2013). Esta característica, Controlled Memory (CM), hace que las limas HyFlex CM sean extremadamente flexibles y los convierte en los instrumentos más resistentes a la fatiga cíclica de los instrumentos CM (Capar et al., 2014). La velocidad de rotación recomendada es de 500 rpm con un torque de 2.5 N/cm (Shen et al., 2013).

La superelasticidad del NiTi CM esta asociada a la fase transformadora de la aleación, donde la aplicación de tensión está por encima de su nivel crítico, que tiene

lugar cuando la temperatura ambiente está por encima de la llamada temperatura austenita terminada del material. Esta transformación martensítica inducida por estrés se recupera espontáneamente después de que se libera la tensión y el material vuelve a su forma y tamaño original (Shen et al., 2013). El NiTi CM permite grandes deformaciones que varían del 8-10% totalmente recuperables, en comparación con el 1% del acero inoxidable, por lo que se concluye que el CM posee una flexibilidad elástica de 2-3 veces mayor que el NiTi convencional (Shen et al., 2013) (Ye y Gao, 2012).

4.2.4 Reciproc

El Dr. Ghassan Yared introdujo un nuevo concepto para la preparación del conducto radicular donde se logra su conformación, utilizando una sola lima de níquel titanio activada con motor en un movimiento reciprocante. Reciproc fue introducido en el 2011 con el tratamiento termomecánico M-Wire por VDW. Este nuevo sistema ha demostrado tener propiedades mecánicas mayores que los sistemas NiTi con varios instrumentos (Rodig et al., 2014).

Así mismo, esta técnica está indicada para la realización de retratamientos, donde demuestra ser significativamente mas efectiva que los sistemas rotatorios para retirar material de obturación de conductos radiculares. Las indicaciones del instrumento Reciproc son con movimiento de cepillado contra las paredes laterales del conducto y así lograr eliminar cualquier residuo de material de obturación (Zuolo et al., 2013).

El sistema Reciproc está compuesto por 3 diferentes instrumentos: R25, tamaño 25 con conicidad 0.08 mm. en los primeros tres milímetros desde la punta, donde el diámetro en D16 es de 1.05 mm; R40, tamaño 40 con conicidad 0.06 mm. en los primeros tres milímetros desde la punta y en D16 es de 1.10 mm. y R50, tamaño 50 con conicidad 0.60 en los primeros tres milímetros desde la punta y en D16 es de 1.17 mm. Según lo asegura el fabricante, es necesaria la utilización de un solo instrumento, por lo

que se denomina esta técnica como: instrumento único o single file para la preparación completa del conducto radicular, dependiendo del tamaño inicial del conducto. Se utiliza el motor a 10 ciclos de reciprocidad por segundo, lo que equivale en aproximadamente 300 rpm en un sistema rotatorio (Rios et al., 2014).

Los instrumentos Reciproc están fabricados con la aleación NiTi termomecánicamente tratada con M-Wire, la cual les ofrece gran flexibilidad y resistencia a la fatiga cíclica. La forma de su corte es en forma de S y tienen una conicidad invertida en sentido apico-coronal (Yared, 2008).

El tratamiento termomecánico M-Wire fue introducido en el 2007 por Dentsply. Este tratamiento es desarrollado por la aplicación de una serie de tratamientos de calor a alambres en blanco de NiTi. Los instrumentos M-Wire incluyen también los sistemas GT Series X, Profile Vortex y Vortex Blue. M-Wire corresponde a una nueva aleación de níquel-titanio, en donde se realiza una modificación de la aleación 508 Nitinol, bajo este proceso térmico especial que le confiere un aumento en la flexibilidad y en la resistencia a la fatiga cíclica (Shen et al., 2013).

4.2.5 Wave One

En el 2010 se introdujo Wave One, un sistema reciprocante de la casa comercial Dentsply. Este sistema se utiliza como instrumento único, según afirma el fabricante y conforma el sistema radicular de conductos por medio de un movimiento de vaivén de entrada y salida. Este cuenta con tres diferentes instrumentos: el primero de color amarillo (small) tamaño 21 con una conicidad constante de 0.06 mm., el segundo de color rojo (primary) tamaño 25 con una conicidad 0.08 mm de la punta a D3 y el tercero de color negro (large) con un tamaño 40 con una conicidad 0.08 de la punta a D3. El tamaño de la punta se va a elegir dependiendo de la anatomía inicial del conducto (Cunha et al., 2014).

El sistema Wave One está manufacturado por medio del tratamiento termomecánico M-Wire que incrementa su flexibilidad y dureza y le brinda mayor resistencia a la fatiga cíclica (Gambarini et al., 2008, 2011). El fabricante menciona que este sistema es cuatro veces más seguro y prepara el conducto tres veces más rápido que al utilizar aquellos sistemas de múltiples instrumentos rotatorios para llegar a la misma conformación final del conducto. Los estudios demuestran que la tecnología M-Wire con que se fabrican estos instrumentos tiene una resistencia a la fatiga cíclica mayor en un 400% que los instrumentos con NiTi convencional del mismo tamaño (Ruddle, 2012).

Reciproc y Wave One son idénticas en su primer instrumento. Ya que su lima primaria es tamaño 25 y conicidad 0.08 mismo tamaño y conicidad, tratamiento termomecánico (M-Wire) y misma angulación de las hélices. Sólo se diferencia en la variación de la conicidad a lo largo del instrumento (Plotino et al., 2014).

Es de suma importancia tomar en cuenta que el desempeño de Wave One, cuando se ha utilizado como instrumento único y con ausencia de un glidepath previo, se ha visto afectado en la alteración de la curvatura original del conducto, y esto pudiendo conducir a un tratamiento de conductos con un pronóstico muy pobre (Giuliani et al., 2014).

4.2.6 Wave One Gold

Se ha introducido recientemente un nuevo sistema de instrumentación reciprocante por la casa comercial Dentsply, Wave One Gold, el fabricante sostiene que tras el perfeccionamiento de las propiedades termomecánicas del NiTi se ha mejorado la resistencia a la fatiga cíclica de la aleación.

Para el desarrollo de este nuevo sistema, se comparó el Sistema Wave One con el nuevo Wave One Gold. La comparativa se realizó con la lima Primary de las dos versiones de Wave One. Son limas de un tamaño parecido (su diámetro apical es el

mismo) solo cambian sus conicidades variables. Los dos instrumentos se diferencian en la sección y en la aleación. El sistema Wave One esta hecho en M-wire y el nuevo Wave One Gold tiene un tratamiento térmico posterior a su fabricación, obteniendo una nueva aleación, denominada GOLD. El sistema Wave One tiene una sección triangular convexa pura de D9 a D16 y modificada de D1 a D8, en cambio el sistema Wave One Gold, presenta una sección de paralelogramo con aristas de 85. Los resultados arrojaron que: Wave One Gold es más resistente a fatiga cíclica que Wave One (17,5%), es mucho más flexible (87%), tiene menos memoria de forma, con menos fuerza para transportar dentro del conducto, y es más fácil de introducir a longitud de trabajo (Aranguren y Kuttler, 2015).

4.3 Tipo de Movimiento

Diversas técnicas para la conformación del sistema radicular con instrumentación rotatoria de níquel titanio y diferentes cinemáticas han avanzado para mantener la forma original del conducto radicular y sobretodo mantenerlo centrado. Los tipos de movimiento en instrumentación NiTi activadas por motor se dividen en dos: movimiento rotatorio y movimiento reciprocante.

Las limas endodónticas rotatorias y reciprocantes son útiles y seguras para la conformación del conducto radicular, permitiendo la eficiencia de la preparación. Con los avances en la tecnología, los instrumentos endodónticos, el día de hoy se desarrollan en una gran variedad de diferentes diseños y costos (Capar et al., 2014a,b).

El uso de un motor eléctrico en la rotación y/o movimiento reciprocante en conjunto con el instrumental NiTi tienen un incremento significativo en la eficiencia de la instrumentación, que a su vez reduce el tiempo de trabajo del operador (Sánchez et al., 2014).

El movimiento rotatorio es utilizado durante el tratamiento de conductos con

instrumentos NiTi, los cuales son elaborados con el objetivo de proveer más rapidez y una preparación más consistente con menos errores de procedimiento. La cinemática de los instrumentos rotatorios es una continua rotación y por lo tanto simple de describir, con una velocidad de rotación en rotaciones por minuto (Fidler, 2014).

En 2007, Ghassan Yared introdujo el movimiento de reciprocidad con el concepto de fuerzas balanceadas y se mostró de forma efectiva en la preparación del conducto radicular usando 1 sólo instrumento. Este movimiento de reciprocidad es similar a las fuerzas balanceadas porque su ángulo antihorario es mayor que su movimiento de corte en sentido horario y esto le permite al instrumento dirigirse al ápice continuamente (Fruchi et al., 2014). El sistema de instrumentación reciprocante, Reciproc, tiene un corte antihorario y horario que se describen apropiadamente como de 150 y 30 grados (Hwang et al., 2014).

Los fabricantes aseguran que el movimiento reciprocante reduce el estrés torsional que se acumula periódicamente durante la conformación del conducto, y esto es gracias al movimiento de regreso o movimiento antihorario que tiene el instrumento en el movimiento de reciprocidad, esto lo hace permanecer dentro del límite plástico permitido de la lima y alargar la vida cíclica del instrumento (Plotino et al., 2014).

4.4 Mayor Resistencia a la Fatiga Cíclica

El nuevo proceso de manufactura termomecánico, ya antes mencionado, parece ofrecer mayor resistencia a la fatiga cíclica en modelos de simulación de conductos curvos (Larsen et al., 2009), ya que en este proceso donde la aleación NiTi es perfeccionada se alcanzan propiedades superiores, obteniendo una flexibilidad mucho mayor que incrementa la resistencia a la fatiga cíclica, comparada con los instrumentos fabricados de NiTi convencional (Bulem et al., 2013).

El sistema HyFlex se desarrolla con una alteración de la aleación CM en la fase

martensítica del níquel titanio. Esta alteración es reversible y le permite al material exhibir una gran elasticidad que le hace posible recuperarse después de grandes deformaciones sin fracturarse (Shen et al., 2011).

Se habla de un método alternativo para incrementar la resistencia a la fatiga cíclica cuando se refiere al movimiento reciprocante. Estos sistemas reciprocantes, Wave One y Reciproc, tienen una mayor resistencia a la fatiga cíclica al compararse con aquellos de movimiento rotatorio (Vadhana et al., 2014).

En un estudio se encontró que la resistencia a la fatiga de las limas NiTi rotatorias incrementa cuando la temperatura durante su elaboración supera los 440°C y decrece bajo este valor (Condorelli et al., 2010). Es importante resaltar que la conicidad, tanto como el diámetro, juegan un papel muy importante en la determinación de la resistencia a la fatiga del instrumento (Capar et al., 2014), y conocer que el estrés está concentrado en una distancia más corta cuando el instrumento tiene una conicidad mayor que lo hará más propenso a que la fatiga incremente. El clínico debe considerar el número de rotaciones, el diámetro de la lima, la conicidad, el diseño y el grado de curvatura para lograr evitar la fatiga cíclica del instrumento (McSpadden y Mounce, 2004).

La configuración cuadrada de los instrumentos HyFlex muestra una resistencia a la fatiga cíclica mucho mayor que los instrumentos con configuración triangular. Por lo tanto, el diseño de los instrumentos tiene que ser tomado en cuenta, ya que es un determinante importante en la fatiga de un instrumento (Shen et al., 2013).

Hoy en día, el perfeccionamiento de la metalurgia en el NiTi, el tratamiento de superficie, el diseño y el control de calidad han reducido el grado de fractura de los instrumentos. (Hieawy et al., 2015).

4.4.1 Medición de la fatiga cíclica

Actualmente, no hay ninguna especificación o estándar internacional para medir la fatiga cíclica de los instrumentos rotatorios en endodoncia. Debido a esto, se han fabricado diversos dispositivos, aparatos y diferentes métodos para llevar a cabo la medición de la fatiga cíclica in vitro del instrumental endodóntico NiTi rotatorio. Al investigar el uso de los dispositivos utilizados durante los años se reporta que los distintos métodos para el test de fatiga cíclica se pueden resumir en las siguientes opciones: un aparato de vidrio o tubo metálico fabricado, un bloque estriado de acero inoxidable o en una superficie inclinada de metal (Plotino et al., 2009; Montenegro et al., 2013; Fawaz, 2011; Pessoa et al., 2013; Bulem et al., 2013).

La fatiga cíclica se evalúa con diferentes objetivos: conocer los distintos tratamientos termomecánicos del NiTi, demostrando su resistencia a la separación (Gambarini et al., 2008; Aly et al., 2011). Otro objetivo es determinar la influencia de la forma del conducto en diferentes trayectorias. Dentro de esto, se consideran diferentes variables como: grado de curvatura, diámetro, longitud y anatomía del conducto (Plotino et al., 2010). Al analizar la influencia de la curvatura en conductos radiculares que tienen la misma forma y grado de curvatura, se evaluarán los ciclos necesarios para inducir la fatiga cíclica de los instrumentos rotatorios, es decir, su separación (Lopes et al., 2012).

4.5 Transporte Apical del Conducto

A diferencia de los conductos radiculares curvos, los instrumentos endodónticos están hechos de metales, que tienen la tendencia de regresar a su posición original, mientras se lleva a cabo la instrumentación dentro del conducto, lo que resulta en errores de procedimiento con la formación de escalones o la transportación apical del conducto (Gergi et al., 2014). La transportación puede conducir a la eliminación inadecuada de dentina o rectificación de conductos con anatomía curva (Hwang et al., 2014). El transporte apical del conducto, ocurre con mayor frecuencia en el conducto mesiobucal, debido a su curvatura. De manera general, aparte de la dimensión del instrumento, otros factores que pueden influir en la transportación del conducto durante la instrumentación son: el proceso de metalurgia, el diseño del instrumento y la forma en la que se utiliza el instrumento (Zhao et al., 2014).

4.6 Curvatura en Molares Inferiores

El tratamiento endodóntico exitoso requiere un conocimiento considerable de la anatomía del conducto radicular y las limitaciones del instrumento. Si bien las curvaturas del conducto en el plano mesio-distal pueden ser evidentes en el examen radiográfico, la severidad de las curvaturas debida a las angulaciones y la ubicación en el plano buco-lingual, no son tan evidentes. De la misma forma, las curvaturas abruptas del tercio coronal y medio no son comunes en el plano mesio-distal, ya que ocurren frecuentemente en el plano bucal-lingual (McSpadden, 2006).

El conocimiento de la morfología del conducto radicular, incluyendo la configuración y grado de la curvatura es necesario no sólo en dirección mesial o distal, como es posible observar en la radiografía, sino en dirección lingual y bucal (radiografía proximal)

(Cunningham y Senia, 1992). Se sabe que el conducto mesiolingual de la primera molar inferior es comúnmente más recto que el conducto mesiobucal, ya que este conducto, por lo general, tiene una curvatura mayor hacia bucal en el tercio coronal y medio de la raíz, que puede ser apreciada en una vista proximal (Slowey, 1979; Zhao et al., 2014). La ubicación de la curvatura es tan importante como la severidad de la misma. Una curvatura apical severa puede ser menos amenazadora que una curvatura más moderada en la porción más coronal (McSpadden, 2006). Clínicamente no se puede estimar el grado de curvatura proximal en el conducto mesiobucal con la simple observación radiográfica, sin embargo Schneider fue uno de los primeros en describir un método confiable para determinar el grado de curvatura con el uso de radiografías clínicas (Cunningham y Senia, 1992).

4.6.1 Método de Schneider (Shneider, 1971).

Para realizar la medición del grado de curvatura de la raíz, se siguen los siguientes pasos:

1. Se toma radiografía a la pieza dental en ambos planos, bucolingual y mesiodistal.
2. Se dibuja una línea en la radiografía paralela al eje longitudinal del conducto.
3. Se dibuja una segunda línea del foramen apical, para cruzar con la primera línea en el punto donde el conducto empieza a separarse del eje longitudinal del diente.
4. El ángulo agudo que se forma se mide por medio de un transportador.
5. Se clasifica la curvatura: recta (5 grados o menos); moderada (10-20 grados) y severa (25-70 grados).

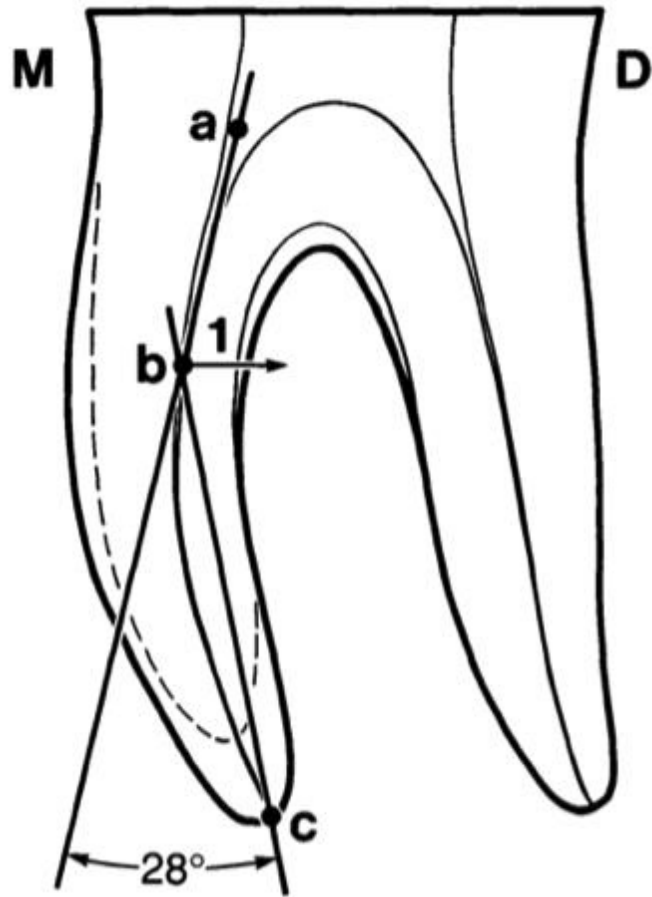


Figura 1. Técnica utilizada para determinar la curvatura primaria del conducto radicular en una vista clínica. Puntos a hacia el b, eje longitudinal de la raíz hacia el punto donde el conducto se desvía del eje longitudinal. Punto c, foramen apical. El ángulo es medido en la intersección de las líneas a y b, y b y c. El vector 1 es la dirección del transporte durante la instrumentación.

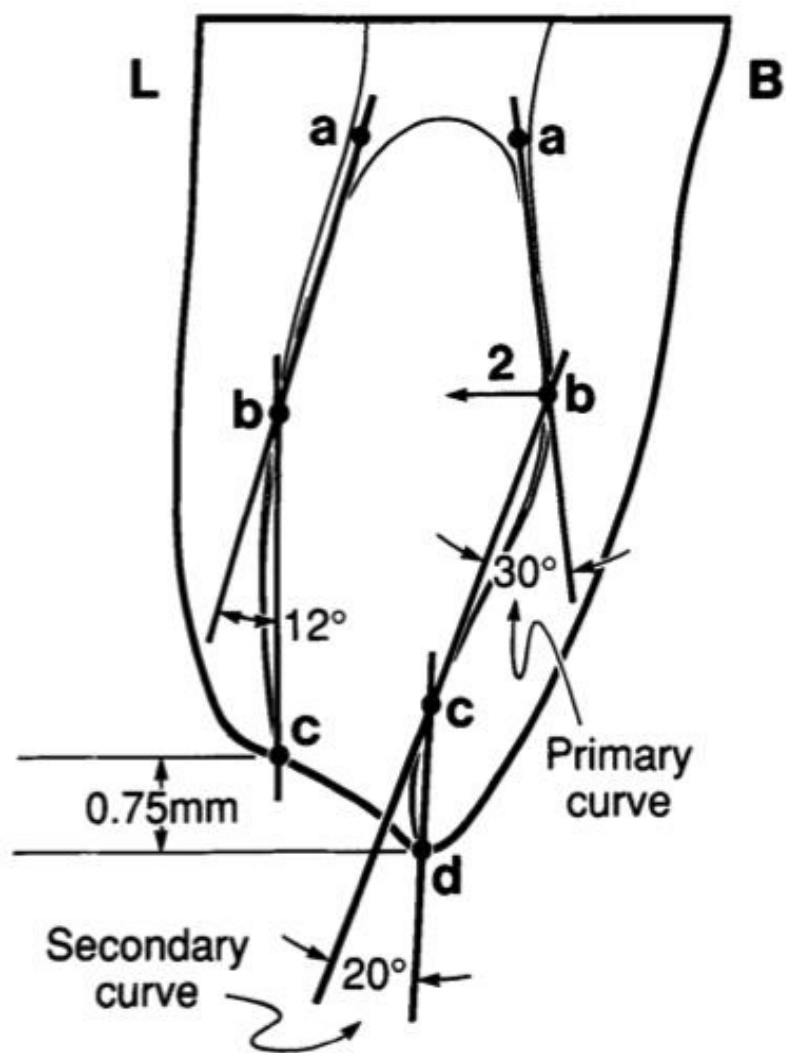


Figura 2. Técnica utilizada para determinar la segunda curvatura del conducto radicular en una vista proximal. El ángulo es medido en la intersección de las líneas b y c, y c y d. El vector 2 es la dirección de transporte durante la instrumentación. Nótese el conducto ML más corto (promedio, 0.75 mm).

5. MARCO DE REFERENCIA

Haikel y col. en 1999 examinaron tres grupos de instrumentos NiTi activados por motor (Profile, HERO y Quantec) en donde evaluaron las veces que rotaba el instrumento antes de sufrir la fractura. Estos 600 instrumentos se rotaron a 350 rpm en un bloque de acero con un canal que simulaba un conducto radicular.

Gambarini y col. en 2008 utilizaron para su investigación instrumentos NiTi activados por motor tratados termomecánicamente para medir su resistencia a la fatiga cíclica. Se dividieron los instrumentos en 2 grupos, cada grupo con dos subgrupos de limas. Un subgrupo fabricado con NiTi convencional para ser evaluadas contra un subgrupo de limas con tratamiento térmico. El canal fue manufacturado reproduciendo una curvatura de 60 grados.

En un artículo de revisión publicado por Plotino y col. en 2009 se presentaron los diferentes dispositivos para medir la fatiga cíclica de los instrumentos rotatorios NiTi utilizados hasta ese año. Se encontró que hasta la fecha no hay alguna especificación o estándar internacional para medir la resistencia a la fatiga cíclica de los instrumentos rotatorios. En consecuencia, se han usado diversos dispositivos y métodos in vitro para realizarlo. Se llegó a la conclusión en base a los estudios reportados en la literatura que las diferentes opciones que se han utilizado para la medición de la fatiga cíclica es por medio de un tubo de metal o vidrio, un block estriado/ranurado de acero inoxidable o en una superficie inclinada de metal.

Oh y col. en 2010 compararon la habilidad a la resistencia a la fatiga cíclica de 4 diferentes sistemas rotatorios en un canal artificial de acero inoxidable. El aparato se diseñó de tal forma que en el momento que la lima se fracturaba, el motor eléctrico se detenía automáticamente.

Plotino y col. en 2010 publicaron una investigación acerca de la influencia del tamaño y la conicidad del instrumento rotatorio y la fatiga cíclica relacionada a esto. El estudio se llevó a cabo en tres canales artificiales con una curvatura de 60 grados, pero diferentes dimensiones internas. El primero se construyó con la forma del taper y tamaño del instrumento que se iba a probar. El segundo canal se construyó con diferente taper y tamaño al del instrumento que se introduciría en el canal y al tercero se le asignó una forma cilíndrica con un diámetro interno de 2 mm.

Testarelli y col. en 2011 reportaron los resultados a favor del sistema HyFlex CM como el sistema más flexible en comparación a Endosequence, ProFile, Hero y Flexmaster. Todos los instrumentos fueron curvados en un aparato con un ángulo de 45 grados para un examen de rigidez y flexibilidad. Los instrumentos HyFlex CM fueron significativamente más flexibles hasta en un 30% más que los otros sistemas.

Aly y col. en 2011 compararon la resistencia a la fatiga cíclica de dos diferentes grupos: 60 instrumentos ProFile GT y 60 ProFile GT Series X. El examen se realizó en un dispositivo de acero inoxidable que simulaba dos conductos radiculares con curvatura de 45 y 60 grados. El instrumento se rotaba en el aparato hasta sufrir la fractura. Se utilizó un cronómetro para registrar en segundos el tiempo que tardaba cada instrumento en separarse, después el número de ciclos de cada instrumento se multiplicó por el tiempo y las rpm de cada instrumento, según su fabricante.

Lopes et al. en 2012 valoraron la influencia de los segmentos con curvatura en los conductos radiculares y el número de veces necesarias para inducir la fractura de un instrumento NiTi rotatorio. Utilizaron en su experimento 20 instrumentos Mtwo diámetro 0.25 mm y conicidad .04 mm en dos canales artificiales de acero inoxidable.

Los resultados demostraron que los instrumentos se fracturaron de manera más rápida en la curvatura de 120 grados y se necesitaron más ciclos en el canal artificial con curvatura de 90 grados para que se ocasionara la fractura del instrumento rotatorio.

Davut Capar et al. en 2014 realizaron un estudio donde compararon la resistencia a la fatiga cíclica de instrumentos para el acceso coronal. Los instrumentos se rotaron en un aparato de acero con dos distintos canales que tenían curvaturas de 45 y 60 grados. En ambos grados de curvatura el instrumento HyFlex demostró tener una resistencia a la fatiga cíclica igual o mayor que a los otros instrumentos estudiados (ProTaper Universal y Revo-S).

Cunha et al. en 2014 presentan un estudio in vitro con el propósito de evaluar la incidencia de la separación de los instrumentos reciprocantes Wave One, utilizándolos en conductos radiculares de piezas posteriores. El sistema Wave One instrumentó durante el periodo de la investigación 2,215 conductos radiculares y sólo 3 instrumentos: 2 instrumentos small de diámetro 0.21 mm y conicidad .06 y 1 instrumento primario de diámetro 0.25 mm y conicidad .08, se separaron. Concluyendo que la incidencia de fractura fue de 0.13%, demostrando su alta resistencia a la fatiga cíclica.

De-Deus et al. en 2014 evaluaron por medio de micro-CT los microcracks causados en la dentina después de la instrumentación en 154 primeros y segundos molares inferiores con los sistemas Reciproc, Wave One y BioRace donde encontraron que no hubo nuevos microcracks al comparar las imágenes del antes y el después de la instrumentación de aquellos especímenes conformados con Wave One y Reciproc.

Burklein et al. en el 2012 emplearon un total de 80 raíces con conductos que presentaban curvaturas con rango de 25 a 35 grados, donde compararon la habilidad de la instrumentación de tres sistemas: Mtwo, Reciproc y OneShape, encontrando que el sistema Reciproc requiere de menor tiempo para conformar conductos curvos comparado a Mtwo y OneShape.

Gergi et al. en el 2014 utilizaron conductos curvos de raíces mesiales de 24 molares inferiores, que en sus criterios de inclusión tuvieran curvaturas con ángulos severos (25° - 35°), los cuales fueron calculados con el método de Schneider.

Scelza et al. en el 2015, evaluaron la resistencia de flexión a 45° , la fatiga cíclica y el tipo de fractura de 60 instrumentos reciprocantes: 30 Wave One y 30 Reciproc, ambos de .25 mm y 08 mm de conicidad. Las pruebas se realizaron en un bloque de metal de la aleación Ni-Cr-Mo-Ti con un canal artificial de 1.77 mm de diámetro y 20 mm de longitud, donde Reciproc mostró una mejor resistencia a la fatiga cíclica que Wave One. La sección transversal de los instrumentos Reciproc fue un factor importante en su resistencia a la fatiga cíclica.

Gergi et al., 2014 comparó el transporte apical y el centrado del conducto al usar el sistema Reciproc, Wave One y TF Adaptive, para determinar el grado de transportación de los conductos instrumentados, se midió la distancia más corta del conducto no instrumentado a la periferia de la raíz y después comparó estas medidas con la de los conductos instrumentados. Esto fue evaluado por 2 diferentes clínicos y se obtuvo que Reciproc tuvo mayor transportación del conducto que Wave One, pero sin diferencia significativa entre los dos grupos.

Li et al., 2015 compararon la incidencia de microcracks dentinarios producidos por ProTaper Universal, Wave One y ProTaper durante la instrumentación en 60 molares extraídos con conductos de 25° - 40° de curvatura. ProTaper Next originó menor cantidad de microcracks durante la instrumentación en curvaturas pronunciadas.

Larsen et al., 2009 probaron la fatiga cíclica de instrumentos rotatorios en un bloque de metal con 3 curvaturas diferentes. La cabeza de la pieza del motor fue montada en una máquina Inström (Instron, Norwood, MA), para llevar el instrumento rotatorio hasta el punto designado.

Gu et al., 2010 estudiaron por medio de un escáner de micro-CT las curvaturas presentes en 122 primeras molares permanentes, donde encontraron una segunda curvatura en el conducto mesiobucal del 34.78% de las primeras molares analizadas.

Cunningham y Senia, 1992 analizaron el grado y configuración de las curvaturas presentes en raíces mesiales de 100 molares inferiores. Se tomaron radiografías en sentido bucolingual y mesiodistal con una lima #8. El 100% de los especímenes estudiados, demostraron curvatura en ambos sentidos. En la vista proximal (mesiodistal) los conductos presentaron clínicamente mayor grado de curvatura en un 38%.

6. MATERIALES Y MÉTODOS

Se seleccionó un total de 60 instrumentos, los cuales se dividieron en 6 diferentes grupos. 10 instrumentos de cada uno de los siguientes sistemas:

Grupo 1: ProTaper Gold (PTG, Dentsply Tulsa Dental Specialities)

Grupo 2: ProTaper Next (PTN, Dentsply Maillefer)

Grupo 3: HyFlex CM (ColteneEndo/Whaledent, Inc, Cuyahoga Falls, OH)

Grupo 4: Reciproc (VDW, Munich, Germany)

Grupo 5: Wave One (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland).

Grupo 6: Wave One Gold (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland).

Los tres primeros grupos (ProTaper Gold, ProTaper Next y HyFlex CM) se activaron con la utilización del motor wave•one™ (Dentsply Maillefer) (Figura 3). Cada uno de estos sistemas se activaron según las revoluciones por minuto y torque recomendados por el fabricante en movimiento rotatorio. ProTaper Gold 300 rpm, ProTaper Next 300 rpm y Hyflex CM 500 rpm. El tamaño de los instrumentos se decidió en base a su diámetro y así tratar de que coincidieran en taper: ProTaper Gold F2, 0.25 mm y 0.08 mm de conicidad, ProTaper Next x3, de 0.30 mm y conicidad variable pero inicial de 0.07 mm, y Hyflex CM 0.35 mm y 0.06 mm de conicidad. Los grupos 4, 5 y 6 (Reciproc, Wave One y Wave One Gold) se activaron con el motor wave•one™. Cada sistema según las instrucciones de su fabricante en movimiento reciprocante. El tamaño de estos instrumentos de 0.25 mm y 0.08 de conicidad.

La medición de la fatiga cíclica se realizó en un dispositivo de acero inoxidable (CF Endo Tester) (IMPI:MX/u/2015/000473) diseñado específicamente para este estudio (Figura 4, 5 y 6), con mediciones de 2 pulgadas de alto, 3 pulgadas de largo, 2 pulgadas

de ancho y 1 kg de peso (Figura 7). El dispositivo comprende 2 distintos conductos; uno en la parte frontal, para instrumentos de .35 y 6% de conicidad y otro posterior para instrumentos de .25 mm y 8% de conicidad con un sistema de sujeción transparente de acrílico que permite la movilidad de éste; en caso de que el acrílico se raye y dificulte la visibilidad del instrumento rotatorio (Figura 8). El dispositivo cuenta con una porción en la parte superior al lado del orificio del conducto para que el instrumento tenga un punto de referencia, y que todas las muestras puedan ser introducidas al conducto a la misma longitud. El punto de referencia es de 7 mm y simula la longitud promedio de la corona de una molar. Cada conducto presenta una doble curvatura que mimetiza las curvaturas presentes en un conducto mesiobucal de una primera molar inferior. La primera curvatura se encuentra en tercio cervical y medio del conducto y es de 17 grados en sentido buco-lingual y la segunda curvatura en sentido mesio-distal de 28 grados según el método de Schneider, presente en el tercio medio y apical (Figura 9 y 10).

El dispositivo CF Endo Tester, se fijó a la máquina Inström y el instrumento a probar se introdujo en el motor wave•one™ (Figura 11). La cabeza del motor se fijó a la Inström para lograr ejercer la misma fuerza y presión al introducir cada uno de los instrumentos al conducto, con una configuración ya determinada, para que todos los instrumentos entraran a la misma longitud. Durante el experimento, se observó la gráfica en el programa Bluehill (Figura 12), donde se registró la carga mínima y máxima que realizó la lima contra las paredes, datos que nos revelan el transporte apical del instrumento en el conducto. También se registraron los segundos que obtuvo el instrumento hasta la fractura, y se arrojaron los datos en la gráfica al momento exacto de la separación del instrumento.

Una vez que el instrumento se fracturaba, se detenía la gráfica, la cual registraba de manera automática todos los datos obtenidos durante el examen del instrumento y se organizaban los datos en una tabla del sistema Bluehill (Figura 13). El acrílico del CF Endo Tester se desatornillaba (Figura 14), se retiraba la porción del instrumento fracturado (Figura 15), se volvía a ensamblar el acrílico, se colocaba un instrumento nuevo y se volvía a resetear la Inström y la gráfica para probar otro instrumento. Este

procedimiento se repitió con cada uno de los 60 instrumentos y los resultados se capturaron en las tablas de Word de cada uno de los grupos que se analizó.

7. RESULTADOS

La estadística descriptiva del tiempo en segundos de cada uno de los 6 grupos experimentales se observa en la Tabla I. Se empleó la prueba comparativa de Tukey donde se encontró la mayor resistencia a la fatiga cíclica de acuerdo a los siguientes grupos. El sistema Wave One Gold (WOG) con una media de (1.7374), obteniendo la mayor resistencia a la fatiga cíclica de todos los sistemas analizados; seguido de ProTaper Gold (PTG) y Reciproc (R25), 0.5704 y 0.309, respectivamente, sin diferencia entre sus medias. Así mismo, R25 y Wave One (W0) -0.57, sin diferencia significativa entre ellos. El sistema Hyflex con una media de -0.691 y por último el sistema ProTaper Next (PTN) con la resistencia más baja y un valor de -1.238.

Tabla I. Comparación de la Media del Tiempo hasta la Fractura de los Sistemas Examinados

Sistema	N	Media	Grupos	
WOG	10	1.7374	A	
PTG	10	0.5704	B	
R25	10	0.309	B	C
WO	10	-0.057		C
Hyflex	10	-0.691		D
PTN	10	-1.238		E

*Las medias que no comparten letra son significativamente diferentes.

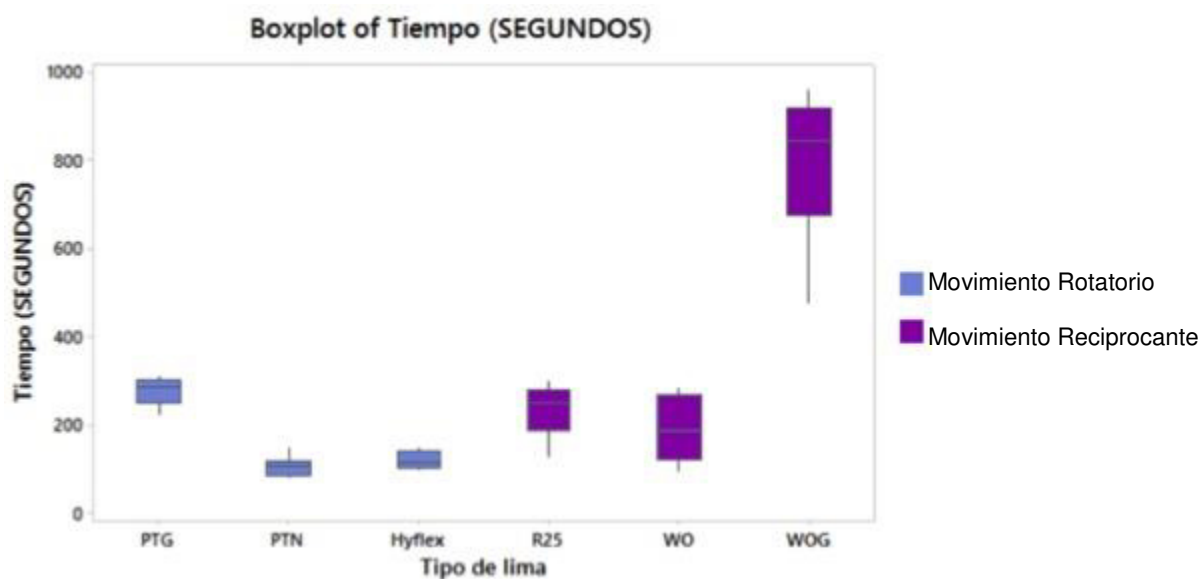


Figura 16. Tiempo hasta la fractura de los sistemas analizados.

La Tabla II presenta los valores de la media de la fatiga cíclica entre los grupos de movimiento rotatorio y reciprocante. Se utilizó la prueba comparativa de Tukey y el grupo reciprocante tuvo mayor resistencia a la fatiga cíclica de manera significativa (0.06012) al grupo rotatorio (0.08439).

Tabla II. Valor de la Media del Tiempo Hasta la Fractura de los Instrumentos Examinados, Agrupados por Tipo de Movimiento

Grupo	N	Media	Grupos
Rotatorio	30	0.08439	A
Reciprocante	30	0.06012	B

*Las medias que no comparten letra son significativamente diferentes.

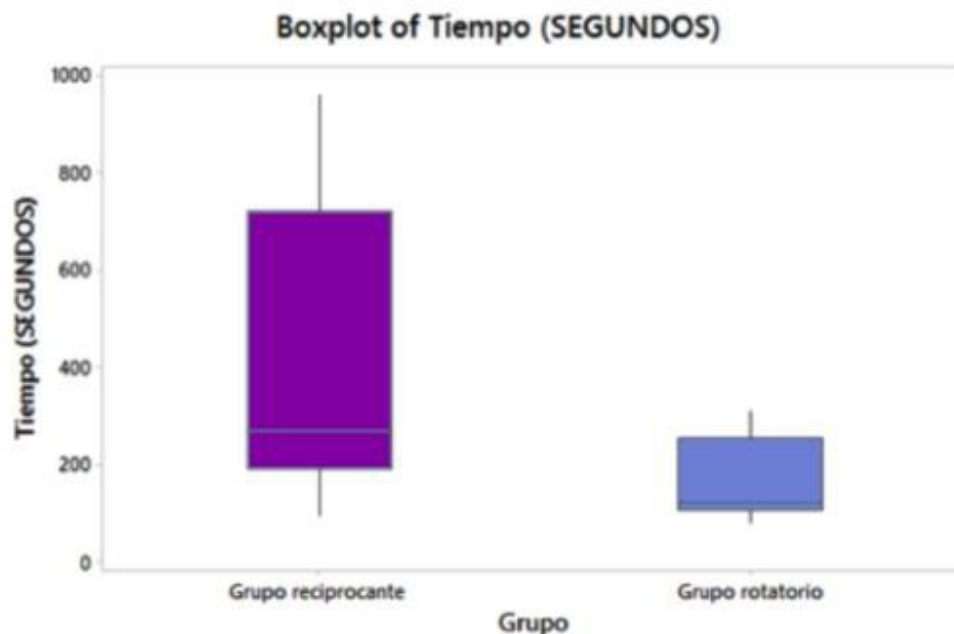


Figura 17. Tiempo hasta la fractura de los sistemas examinados, agrupados según su movimiento.

Las variables Carga Máxima (CM) y Carga mínima (Cm) para encontrar el transporte apical de cada sistema, están altamente correlacionadas y no fue necesario realizar los dos análisis. Esto se confirmó con la Correlación de Pearson (CM y Cm= 0.970). En la Tabla III se observan los valores de la media de los diferentes sistemas, donde se utilizó la prueba estadística de Tukey. PTN con una media de 1.590, siendo el sistema que más transporte apical presentó, seguido de Hyflex, R25 y W0, sin diferencia significativa entre ellos. PTG en tercer lugar con una media de 0.8700 y WOG con una media de 0.5900, siendo el sistema que menor transporte apical presentó.

Tabla III. Valor de la Media de CM y Cm de cada Sistema. Transporte Apical de los Instrumentos.

Sistema	N	Media	Grupos
PTN	10	1.5900	A
Hyflex	10	1.2500	B
R25	10	1.2500	B
WO	10	1.1556	B
PTG	10	0.8700	C
WOG	10	0.5900	D

*Las medias que no comparten letra son significativamente diferentes.

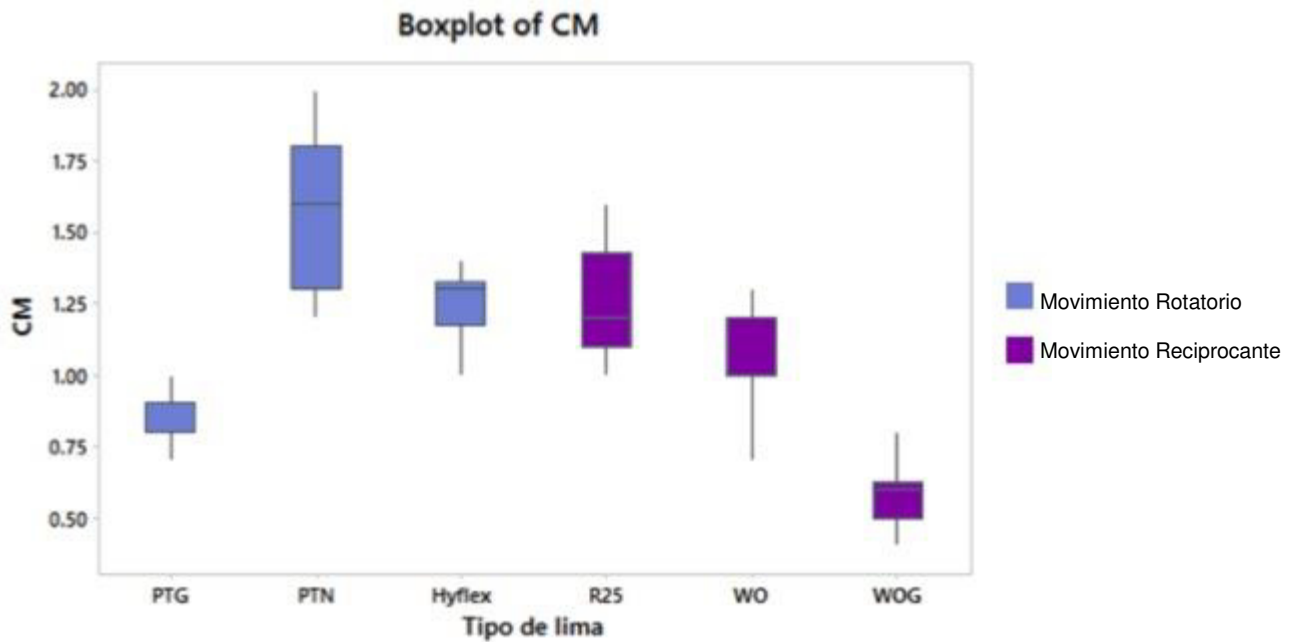


Figura 18. Transporte apical de los sistemas analizados.

8. DISCUSIÓN

Diversos estudios han demostrado que el movimiento recíprocante puede extender la vida de fatiga cíclica de un instrumento de níquel titanio, al compararse con el movimiento de continua rotación. Esta mayor resistencia se desarrolla por el menor efecto de acumulación de tensión cíclica, que este influye negativamente en la resistencia a la fatiga para los instrumentos que giran continuamente en movimiento rotatorio (You et al., 2010; Plotino et al., 2012). También se ha encontrado que el movimiento recíproco contribuye a la seguridad de los instrumentos, ya que cuando este se atora en la dentina durante el movimiento horario, el subsecuente movimiento antihorario va a desenganchar el instrumento, reduciendo así el estrés torsional y por consecuencia la incidencia de fractura, debido al famoso taperlock, mencionado por Giuliani et al., 2014. En el presente estudio, se comparó la resistencia a la fatiga cíclica in vitro de diferentes sistemas; tres rotatorios: ProTaper Gold, ProTaper Next y Hyflex CM, y tres recíprocantes: Reciproc, Wave One y Wave One Gold. En los resultados, se obtuvo que el grupo recíprocante tuvo significativamente mayor resistencia a la fatiga cíclica que el grupo de movimiento rotatorio, acorde a lo mencionado por Ferreira et al., 2016, que analizaron en una revisión sistemática el efecto del tipo de movimiento en la fatiga cíclica de los instrumentos NiTi, donde reportaron que el movimiento recíprocante favorece la resistencia a la fatiga cíclica de los instrumentos en endodoncia, comparado a aquellos de continua rotación, y esto, independientemente de otras variables, como la velocidad de rotación, el ángulo de la curvatura de los conductos simulados, diámetro, conicidad o superficie de los instrumentos examinados.

A pesar de que la comparación entre diferentes sistemas de instrumentación rotatoria es difícil de realizar, debido a lo ya antes mencionado, se incluyeron para este estudio instrumentos que tuvieran similitud en su diámetro y conicidad lo más posible, siendo los instrumentos recíprocantes utilizados: Reciproc, Wave One y Wave One Gold con diámetro de 0.25 mm, conicidad de .08 mm y longitud de 25 mm, y los instrumentos

rotatorios: ProTaper Gold con diámetro de 0.25 mm y conicidad de .08, ProTaper Next 30 .07 y HyFlex CM 35 .06. Todos los instrumentos se probaron en un dispositivo de acero inoxidable (CF Endo Tester) (IMPI:MX/u/2015/000473) que se diseñó específicamente para este estudio, donde el conducto, que simulaba un conducto mesiobucal de una molar inferior, presentaba dos curvaturas, como sucede generalmente en una situación clínica: la primer curvatura en el tercio cervical en sentido buco-lingual de 17 grados y la segunda curvatura en el tercio medio y apical de 28 grados en sentido mesio-distal. La presente investigación concuerda con el estudio de Pérez-Higueras et al., 2014 donde en su metodología probaron la fatiga cíclica de los sistemas ProTaper Universal y ProTaper Next con instrumentos del mismo diámetro, asimismo con Gergi et al 2014, donde mencionan que las raíces mesiales de molares inferiores se seleccionaron para su investigación, ya que estas presentan generalmente conductos muy delgados y curvos en 2 distintos planos y esto incrementa la dificultad de la instrumentación a evaluar. De la misma manera, Zhao et al., 2014 que seleccionaron para su estudio molares inferiores con curvatura en el conducto mesiobucal de 25-35 grados y Zanette et al., 2014, donde eligieron molares superiores con el mismo grado de curvatura (20-35 grados), según el método de Schneider. A diferencia de De-Deus y col en el 2014, que utilizaron 150 primeros molares inferiores seleccionando por medio del método de Schneider aquellas raíces mesiales con una curvatura de entre 10 y 20 grados (curvatura moderada), a diferencia del presente estudio donde se analizaron los instrumentos en una curvatura severa (28 grados).

McSpadden 2006, menciona que la capacidad de una lima para resistir la fractura por torsión depende del diámetro, la masa de sección transversal y el diseño. Por esto, la resistencia a la fatiga cíclica de instrumentos que tienen el mismo diseño básico y diámetro, pero una masa de sección transversal diferente y distintas profundidades de las estrías, va a cambiar. En cuyo caso, la lima que tenga la masa de sección transversal más grande podrá soportar mayor torsión (Kim et al., 2014). Esto concuerda con los resultados obtenidos, donde Reciproc tuvo mayor resistencia a la fractura que Wave One, aunque su diámetro y conicidad es igual (0.25 mm, .08 mm), diferenciándose en su resistencia a la fatiga cíclica gracias a su sección transversal, y esto concuerda con lo

publicado por Scelza et al., 2015, que concluyen que debido a la sección transversal del instrumento, Reciproc es más resistente a la fatiga cíclica que Wave One. Esto también tiene relación a lo mencionado por Capar et al. y Giuliani et al., 2014 que afirman que la aleación con la que está fabricada la lima, que en este caso es la misma para Reciproc y Wave One (M-Wire) y su diseño son factores importantes que determinan el desempeño mecánico del instrumento rotatorio.

Testarelli et al., 2011 afirmó que el tratamiento con calor de la aleación NiTi para los instrumentos rotatorios en la endodoncia, es un campo de investigación que sigue en desarrollo, pero se tiene poca información sobre ello. En estos tratamientos se producen alteraciones de la estructura mecánica de la aleación que aumenta su fuerza y flexibilidad. Las casas comerciales han patentado estos diferentes procesos, donde es altamente influenciada la temperatura con distintos intervalos de tiempo y con cada uno de estos pequeños cambios se convierte cada proceso de fabricación en algo único. Hasta hoy, no se han encontrado estudios donde se evalúe la resistencia a la fatiga cíclica de estas tres aleaciones en una misma publicación: Gold (ProTaper Gold y Wave One Gold), CM (Hyflex CM), y M-Wire (ProTaper Next, Reciproc y Wave One). Los instrumentos de todos los sistemas se evaluaron en el dispositivo CF Endo Tester, y la cabeza del motor wave•one™ que sostenía el instrumento, se colocó en la máquina Inström, para poder garantizar que el instrumento fuera introducido al conducto del aparato con la misma fuerza de penetración, presión y hasta la misma longitud. Esto concuerda con lo reportado por Aranguren y Kuttler, 2015 donde utilizaron la máquina Inström para probar la fatiga cíclica de Wave One y Wave One Gold. Los resultados que se obtuvieron en el presente estudio, demuestran que la aleación Gold posee mayor resistencia a la fatiga cíclica en comparación con M-Wire y CM, ya que el sistema que tuvo mayor resistencia fue Wave One Gold, seguido de ProTaper Gold y Reciproc, Reciproc y Wave One, Hyflex CM y ProTaper Next, con diferencia significativa en tiempo hasta la fractura según los grupos antes mencionados. Estos resultados, concuerdan con lo publicado por Aranguren y Kuttler, 2015, donde demuestran que la aleación Gold posee mayor resistencia a la fatiga cíclica en comparación con M-Wire y CM.

El tiempo en segundos que obtuvo cada sistema hasta la fractura se registró en el software BlueHill de la Inström, donde se observa el momento exacto de la fractura del instrumento, la carga menor y mayor en newtons, que nos muestra la fuerza que el instrumento ejerce sobre las paredes, para obtener el transporte apical de cada sistema de instrumentación. A diferencia de otros estudios, donde el tiempo hasta la fractura de los sistemas probados se registró con un cronómetro, luego se multiplicó este tiempo con las revoluciones por minuto según el fabricante (Peng et al., 2015; Gambarini et al., 2015; Pedulla et al., 2014; Tsujimoto et al., 2014; Vadhana et al., 2014; Nguyen et al., 2014; Lopes et al., 2012; Aly et al., 2011; Oh et al., 2010; Gambarini et al., 2008; Haikel et al., 1999).

(Chang et al., 2016; Gagliardi et al., 2015; Gergi et al., 2014) afirman que numerosas técnicas de preparación del conducto radicular junto con los sistemas de instrumentación NiTi, el perfeccionamiento de su aleación y diferentes cinemáticas se han desarrollado con la intención de mantener la forma original del conducto y por lo tanto, permanecer más centrado. En la presente investigación, se comparó el transporte apical de los diferentes sistemas, al considerar la carga máxima y mínima en newtons que el instrumento ejercía sobre las paredes del conducto del dispositivo, ya una vez rotando a longitud de trabajo. Estos datos se registraron en la Inström y se analizaron una vez que se probaron todas las muestras del sistema. Los resultados obtenidos de esta investigación no concuerdan con los resultados por Zhao et al., 2014 donde mencionan que los conductos curvos instrumentados con ProTaper Next tuvieron menor transporte apical que aquellos preparados con Wave One, sin embargo, se relaciona favorablemente a los resultados obtenidos por Gergi et al., 2014 donde no se encontró diferencia significativa entre los instrumentos Reciproc y Wave One, ya que en esta investigación se obtuvo la menor transportación con diferencia significativa por el sistema Wave One Gold, seguida de ProTaper Gold, en tercer lugar el grupo de Wave One, Hyflex CM y Reciproc sin diferencia significativa entre ellos y por último ProTaper Next que presentó la mayor transportación de todos los grupos examinados, y esto debido a que su aleación (M-wire) utilizada en movimiento rotatorio no es tan flexible; en contraste a los instrumentos con aleación Gold analizados en esta investigación, que mostraron menor transportación, aún siendo activados en movimiento rotatorio (ProTaper Gold).

9. CONCLUSIONES

Bajo las condiciones experimentales del presente estudio, se llegó a las siguientes conclusiones:

1. Wave One Gold mostró la mayor resistencia a la fatiga cíclica, seguido de ProTaper Gold, Reciproc, Wave One, HyFlex CM y por último, ProTaper Next.
2. El grupo de movimiento reciprocante tuvo mayor resistencia a la fatiga cíclica que el grupo de movimiento rotatorio.
3. Todos los sistemas presentaron transportación apical. El sistema que mayor transportación presentó fue ProTaper Next y el de menor transportación fue Wave One Gold.

RECOMENDACIONES

Como continuación de esta investigación se puede repetir este experimento:

1. Comparando las diferentes aleaciones de los sistemas de instrumentación. Esto quiere decir que sin importar el sistema a evaluar, todos los sistemas se activarían a las mismas revoluciones, mismo torque y misma cinemática, en este caso se buscaría analizar la fatiga cíclica de la aleación en sí y no del instrumento.
2. Observando al microscopio las porciones de todos los instrumentos fracturados y analizar qué tipo de fractura sufrió el instrumento. Esto con el fin de ver cual es la causa principal de la fractura, que tipo de fractura es, ya sea torsional o flexural y cuántos milímetros del instrumento se fracturaron. Para determinar si esto coincide en un mismo sistema de instrumentación y/o observar el comportamiento de la fractura en el tipo de movimiento utilizado: rotatorio y reciprocante.
3. También podría repetirse esta misma metodología in vitro pero en dientes extraídos, seleccionando raíces mesiobucales de molares inferiores que cumplan con criterios de inclusión de curvatura mesio-distal de 26-28° y 16-18° grados en sentido buco-lingual según el método de Schneider, la cual se trató de simular en esta metodología y analizar si hay diferencia significativa entre los resultados obtenidos en el dispositivo de fatiga cíclica CF Endo Tester (IMPI:MX/u/2015/000473) y en aquellas raíces mesiobucales de molares inferiores extraídos de humanos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Al-Hadlaq SM, Aljarbou FA, AlThumairy RI. Evaluation of cyclic flexural fatigue of M-wire nickel-titanium rotary instruments. *J Endod.* 2010;36(2):305-7.
2. Aly MM, Seeda TA, Saber SEM, Ibrahim DY, Hassanien EE. Comparison of the cyclic fatigue resistance of rotary nickel titanium endodontic instruments manufactured from two different alloys. *Journal of Am Sci.* 2011;7(10):5-9.
3. Aranguren J, Kuttler S. Wave One Gold, surfea el conducto radicular con confianza. *SCO.* 2015;3:4-9.
4. Arias A, Singh R, Peters OA. Torque and force induced by ProTaper Universal and ProTaper Next during shaping of large and small root canals in extracted teeth. *J Endod.* 2014;40(7):973-6.
5. Azar MR, Mokhtare M. Rotary Mtwo system versus manual K-file instruments: efficacy in preparing primary and permanent molar root canals. *Indian J Dent Res.* 2011;22(2):363.
6. Borges ÁH, Pereira TM, Porto AN, de Araújo Estrela CP, Miranda Pedro FL, Aranha AM, Guedes OA. The influence of cervical preflaring on the amount of apically extruded debris after root canal preparation using different instrumentation systems. *J Endod.* 2016;42(3):465-9.
7. Bulem UK, Kececi AD, Guldaz HE. Experimental evaluation of cyclic fatigue resistance of four different nickel-titanium instruments after immersion in sodium hypochlorite and/or sterilization. *J Appl Oral Sci.* 2013;21(6):505-10.
8. Bürklein S, Benten S, Schäfer E. *Int Endod J.* Shaping ability of different single-file systems in severely curved root canals of extracted teeth. 2013;46(6):590-7.
9. Capar ID, Arslan H, Akcay M, Ertas H. An in vitro comparison of apically extruded debris and instrumentation times with ProTaper Universal, ProTaper Next, Twisted File Adaptive, and HyFlex instruments. *J Endod.* 2014;40(10):1638-41.

10. Capar ID, Ertas H, Arslan H. Comparison of cyclic fatigue resistance of nickel-titanium coronal flaring instruments. *J Endod.* 2014;40(8):1182-5.
11. Carrotte P. Endodontics: part 4. Morphology of the root canal system. *Br Dent J.* 2004;197(7):379-83.
12. Castelló-Escrivá R, Alegre-Domingo T, Faus-Matoses V, Román-Richon S, Faus-Llácer VJ. In vitro comparison of cyclic fatigue resistance of ProTaper, Wave One, and Twisted Files. *J Endod.* 2012;38(11):1521-4.
13. Chang SW, Shim KS, Kim YC, Jee KK, Zhu Q, Perinpanayagam H, Kum KY. Cyclic fatigue resistance, torsional resistance, and metallurgical characteristics of V taper 2 and V taper 2H rotary NiTi files. *Scanning.* 2016 [Epub ahead of print].
14. Condorelli GG, Bonaccorso A, Smecca E, Schafer E, Cantatore G, Tripi TR. Improvement of the fatigue resistance of NiTi endodontic files by surface and bulk modifications. *Int Endod J.* 2010;43(10):866–73.
15. Cunha RS, Junaid A, Ensinas P, Nudera W, Bueno CE. Assessment of the separation incidence of reciprocating Wave One files: a prospective clinical study. *J Endod.* 2014;40(7):922-4.
16. Cunningham CJ, Senia ES. A three-dimensional study of canal curvatures in the mesial roots of mandibular molars. *J Endod.* 1992;18(6):294-300.
17. De-Deus G, Silva EJ, Marins J, Souza E, Neves Ade A, Gonçalves Belladonna F, Alves H, Lopes RT, Versiani MA. Lack of causal relationship between dentinal microcracks and root canal preparation with reciprocation systems. *J Endod.* 2014;40(9):1447-50.
18. De-Deus GA, Nogueira Leal Silva EJ, Moreira EJ, de Almeida Neves A, Belladonna FG, Tameirão M. Assessment of apically extruded debris produced by the self-adjusting file system. *J Endod.* 2014;40(4):526-9.
19. Fawaz Al F. An in vitro comparison of cyclic fatigue of Profile, Vortex and Endosequence rotary nickel titanium files. *VCU theses and Dissertations. Paper 2401.* 2011:1-34.

20. Ferreira F, Adeodato C, Barbosa I, Aboud L, Scelza P, Scelza MZ. Movement kinematics and cyclic fatigue of NiTi rotary instruments: A systematic review. *Int Endod J*. 2016. [Epub ahead of print]
21. Fidler A. Kinematics of 2 reciprocating endodontic motors: the difference between actual and set values. *J Endod*. 2014;40(7):990-4.
22. Fruchi LdeC, Ordinola-Zapata R, Cavenago BC, Hungaro Duarte MA, Silveira Bueno CE, De Martin AS. Efficacy of reciprocating instruments for removing filling material in curved canals obturated with a single-cone technique: a micro-computed tomographic analysis. *J Endod*. 2014;40(7):1000-4.
23. Gagliardi J, Versiani MA, de Sousa-Neto MD, Plazas-Garzon A, Basrani B. Evaluation of the shaping characteristics of ProTaper Gold, ProTaper Next, and ProTaper Universal in curved canals. *J Endod*. 2015;41(10):1718-24.
24. Gambarini G, Plotino G, Piasecki L, Al-Sudani D, Testarelli L, Sannino G. Deformations and cyclic fatigue resistance of nickel-titanium instruments inside a sequence. *Ann Stomatol (Roma)*. 2015;18;6(1):6-9.
25. Gambarini G, Grande NM, Plotino G, Somma F, Garala M, De Luca M, Testarelli L. Fatigue resistance of engine-driven rotary nickel titanium instruments produced by new manufacturing methods. *J Endod*. 2008;34(8):1003-5.
26. Gambarini G, Milana V, Pongione G, Rizzo F, Testarelli L. Como mejorar la instrumentación con níquel-titanio en endodoncia: consejos clínicos e innovación tecnológica. *Revista Sociedad Endodoncia de Chile*. 2009;20(1):16-21.
27. Gergi R, Arbab-Chirani R, Osta N, Naaman A. Micro-computed tomographic evaluation of canal transportation instrumented by different kinematics rotary nickel-titanium instruments. *J Endod*. 2014;40(8):1223-7.
28. Giuliani V, Di Nasso L, Pace R, Pagavino G. Shaping ability of Wave One primary reciprocating files and ProTaper system used in continuous and reciprocating motion. *J Endod*. 2014;40(9):1468-71.
29. Gu Y, Lu Q, Wang P, Ni L. Root canal morphology of permanent three-rooted mandibular first molars: Part II- measurement of root canal curvatures. *J Endod*. 2010;36(8):1341-6.

30. Haïkel Y, Serfaty R, Bateman G, Senger B, Allemann C. Dynamic and cyclic fatigue of engine-driven rotary nickel titanium endodontic instruments. *J Endod.* 1999;25(6):434-40.
31. Hieawy A, Haapasalo M, Zhou H, Wang ZJ, Shen Y. Phase transformation behavior and resistance to bending and cyclic fatigue of ProTaper Gold and ProTaper Universal instruments. *J Endod.* 2015;41(7):1134-8.
32. Hou X, Yahata Y, Hayashi Y, Ebihara A, Hanawa T, Suda H. Phase transformation behaviour and bending property of Twisted nickel-titanium endodontic instruments. *Int Endod J.* 2011;44(3):253-8.
33. Huang HM, Chang WJ, Teng NC, Lin HL, Hsieh SC. Structural analysis of cyclic-loaded nickel-titanium rotary instruments by using resonance frequency as a parameter. *J Endod.* 2011;37(7):993-6.
34. Hwang YH, Bae KS, Baek SH, Kum KY, Lee W, Shon WJ, Chang SW. Shaping ability of the conventional nickel-titanium and reciprocating nickel-titanium file systems: a comparative study using micro-computed tomography. *J Endod.* 2014;40(8):1186-9.
35. Kansal R, Rajput A, Talwar S, Roongta R, Verma M. Assessment of dentinal damage during canal preparation using reciprocating and rotary files. *J Endod.* Sep;40(9):1443-6.
36. Karataş E, Ersoy İ, Gündüz HA, Uygun AD, Kol E, Çakıcı F. Influence of instruments used in root canal preparation on amount of apically extruded debris. *Artif Organs.* 2016 (Epub ahead of print).
37. Kim HC, Yum J, Hur B, Cheung GS. Cyclic fatigue and fracture characteristics of ground and Twisted nickel-titanium rotary files. *J Endod.* 2010;36(1):147-52.
38. Kim JW, Ha JH, Cheung GS, Versluis A, Kwak SW, Kim HC. Safety of the factory preset rotation angle of reciprocating instruments. *J Endod.* 2014;40(10):1671-5.
39. Larsen CM, Watanabe I, Glickman GN, He J. Cyclic fatigue analysis of a new generation of nickel titanium rotatory instruments. *J Endod.* 2009;35(3):401-3.
40. Li SH, Lu Y, Song D, Zhou X, Zheng QH, Gao Y, Huang DM. Occurrence of dentinal microcracks in severely curved root canals with ProTaper Universal,

- Wave One, and ProTaper Next file systems. *J Endod.* 2015;41(11):1875-9.
41. Lopes Pereira H, Vieira Boussada MV, Elias Nelson Carlos, Vieira Leal VT, Souza de Chaves L, Estrela C. Influence of the curved root canal segments length on the fatigue fracture of rotatory NiTi instruments. *Dental Press Endodontics.* 2012;2(3):32- 5.
 42. McSpadden JT. *Mastering Endodontic Instrumentation.* 2006:1-98.
 43. McSpadden JT, Mounce R. Rotary instrumentation: asking the right questions, part 1. *Dent Today.* 2004;23(7):88-90.
 44. Montenegro-Santillán R, Alegre-Domingo T, Faus-Matoses V, Faus-Llácer V. An in vitro comparison of cyclic fatigue resistance of ProTaper Universal and GT Series X files. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal.* 2013;18(3):533-6.
 45. Nguyen HH, Fong H, Paranjpe A, Flake NM, Johnson JD, Peters OA. Evaluation of the resistance to cyclic fatigue among ProTaper Next, ProTaper Universal, and Vortex Blue rotary instruments. *J Endod.* 2014;40(8):1190-3.
 46. Oh SR, Chang SW, Lee Y, Gu Y, Son WJ, Lee W, Baek SH, Bae KS, Choi GW, Lim SM, Kum KY. A comparison of nickel titanium rotary instruments manufactured using different methods and cross-sectional areas: ability to resist cyclic fatigue. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2010;109(4):622-8.
 47. Pedulla E, Grande NM, Plotino G, Pappalardo A, Rapisarda E. Cyclic fatigue resistance of three different nickel-titanium instruments after immersion in sodium hypochlorite. *J Endod.* 2011;37(8):1139-42.
 48. Peng C, Hui WU, Wang L, Xin HU, Deng S, Li C, Zhang L. Cyclic fatigue resistance of two nickel-titanium instruments in different curving angles: a comparative study. *Braz Oral Res.* 2015;29:1-7.
 49. Pérez-Higueras JJ, Arias A, De la Macorra JC, Peters OA. Differences cyclic fatigue resistance between ProTaper Next and ProTaper Universal instruments at different levels. *J Endod.* 2014;40(9):1477-81.
 50. Pessoa OF, da Silva JM, Gavini G. Cyclic fatigue resistance of rotary NiTi instruments after simulated clinical use in curved root canals. *Braz Dent J.* 2013;24(2):117-20.

51. Pirani C, Cirulli PP, Chersoni S, Micele L, Ruggeri O, Prati C. Cyclic fatigue testing and metallographic analysis of nickel-titanium rotary instruments. *J Endod.* 2011;37(7):1013-6.
52. Plotino G, Costanzo A, Grande NM, Petrovic R, Testarelli L, Gambarini G. Experimental evaluation on the influence of autoclave sterilization on the cyclic fatigue of new nickel-titanium rotary instruments. *J Endod.* 2012;38(2):222-5.
53. Plotino G, Giansiracusa Rubini A, Grande NM, Testarelli L, Gambarini G. Cutting efficiency of Reciproc and Wave One reciprocating instruments. *J Endod.* 2014;40(8):1228-30.
54. Plotino G, Grande NM, Cordaro M, Testarelli L, Gambarini G. A review of cyclic fatigue testing of nickel-titanium rotary instruments. *J Endod.* 2009;35(11):1467-76.
55. Plotino G, Grande NM, Mazza C, Petrovic R, Testarelli L, Gambarini G. Influence of size and taper of artificial canals on the trajectory of NiTi rotary instruments in cyclic fatigue studies. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2010;109(1):60-6.
56. Plotino G, Grande NM, Testarelli L, Gambarini G. Cyclic fatigue of Reciproc and Wave One reciprocating instruments. *Int Endod J.* 2012;45(7):614-8.
57. Rios Mde A, Villela AM, Cunha RS, Velasco RC, De Martin AS, Kato AS, Bueno CE. Efficacy of 2 reciprocating systems compared with a rotary retreatment system for gutta-percha removal. *J Endod.* 2014;40(4):543-6.
58. Rödiger T, Reicherts P, Konietschke F, Dullin C, Hahn W, Hülsmann M. Efficacy of reciprocating and rotary NiTi instruments for retreatment of curved root canals assessed by micro-CT. *Int Endod J.* 2014;47(10):942-8.
59. Ruddell CJ. Endodontic canal preparation Wave One single-file technique. *Dentistry Today.* 2012:1-7.
60. Ruff ML, Kriewaldt MB, Webb TD. New advances in nickel-titanium rotary systems. 2013;35(8):1-2.
61. Sant'Anna Júnior A, Cavenago BC, Ordinola-Zapata R, De-Deus G, Bramante CM, Duarte MA. The effect of larger apical preparations in the danger zone of

- lower molars prepared using the Mtwo and Reciproc systems. *J Endod.* 2014;40(11):1855-9.
62. Scelza P, Harry D, Silva LE, Barbosa IB, Scelza MZ. A comparison of two reciprocating instruments using bending stress and cyclic fatigue tests. *Braz Oral Res.* 2015;29(1):1-7.
 63. Shen Y, Coil JM, Zhou H, Zheng Y, Haapasalo M. HyFlex nickel-titanium rotary instruments after clinical use: metallurgical properties. *Int Endod J.* 2013;46(8):720-9.
 64. Shen Y, Qian W, Abtin H, Gao Y, Haapasalo M. Effect of environment on fatigue failure of controlled memory wire nickel-titanium rotary instruments. *J Endod.* 2012;38(3):376-80.
 65. Shen Y, Qian W, Abtin H, Gao Y, Haapasalo M. Fatigue testing of controlled memory wire nickel-titanium rotary instruments. *J Endod.* 2011;37(7):997-1001.
 66. Shen Y, Zhou HM, Zheng Y, Peng B, Haapasalo M. Current challenges and concepts of the thermomechanical treatment of nickel-titanium instruments. *J Endod.* 2013;39(2):163-72.
 67. Shen Y, Zhou, Zheng YF, Campbell L, Haapasalo M. Metallurgical characterization of controlled memory wire nickel-titanium rotary instruments. *J Endod.* 2011;37(11):1566-71.
 68. Scelza P, Harry D, Silva LE, Barbosa IB, Scelza MZ. A comparison of two reciprocating instruments using bending stress and cyclic fatigue tests. *Braz Oral Res.* 2015;29:1-7.
 69. Schneider SW. A comparison of canal preparations in straight and curved root canals. *Oral Surg* 1971;32:271-5.
 70. Slowey RR. Root canal anatomy. Road map to successful endodontics. *Dent Clin North Am.* 1979;23(4):555-73.
 71. Testarelli L, Plotino G, Al-Sudani D, Vincenzi V, Giansiracusa A, Grande NM, Gambarini G. Bending properties of a new nickel-titanium alloy with a lower percent by weight of nickel. *J Endod.* 2011;37(9):1293-5.
 72. Thompson M, Sidow SJ, Lindsey K, Chuang A, McPherson JC 3rd. Evaluation of a new filling system's ability to maintain canal morphology. *J Endod.*

2014;40(6):867-70.

73. Tsujimoto M, Irifune Y, Tsujimoto Y, Yamada S, Watanabe I, Hayashi Y. Comparison of conventional and new-generation nickel titanium files in regard to their physical properties. *J Endod.* 2014;40(11):1824-9.
74. Uygun AD, Kol E, Topcu MK, Seckin F, Ersoy I, Tanriver M. Variations in cyclic fatigue resistance among ProTaper Gold, ProTaper Next and ProTaper Universal instruments at different levels. *Int Endod J.* 2015. [Epub ahead of print]
75. Vadhana S, Saravana Karthikeyan B, Nandini S, Velmurugan N. Cyclic fatigue resistance of Race and Mtwo rotary files in continuous rotation and reciprocating motion. *J Endod.* 2014;40(7):995-9.
76. Yared G. Canal preparation using only one Ni-Ti rotary instrument: preliminary observations. *Int Endod J.* 2008;41(4):339-44.
77. Ye J, Gao Y. Metallurgical characterization of M-Wire nickel-titanium shape memory alloy used for endodontic rotary instruments during low-cycle fatigue. *J Endod.* 2012;38(1):105-7.
78. You SY, Bae KS, Baek SH, Kum KY, Shon WJ, Lee W. Lifespan of one nickel-titanium rotary file with reciprocating motion in curved root canals. *J Endod.* 2010;36(12):1991-4.
79. Zanette F, Grazziotin-Soares R, Flores ME, Camargo Fontanella VR, Gavini G, Barletta FB. Apical root canal transportation and remaining dentin thickness associated with ProTaper Universal with and without PathFile. *J Endod.* 2014;40(5):688-93.
80. Zhao D, Shen Y, Peng B, Haapasalo M. Root canal preparation of mandibular molars with 3 nickel-titanium rotary instruments: a micro-computed tomographic study. *J Endod.* 2014;40(11):1860-4.
81. Zuolo AS, Mello JE Jr, Cunha RS, Zuolo ML, Bueno CE. Efficacy of reciprocating and rotary techniques for removing filling material during root canal retreatment. *Int Endod J.* 2013;46(10):947-53.

ANEXO 1.

Tabla IV. Resultados ProTaper Gold

<p style="text-align: center;">“Evaluación de la resistencia a la fatiga cíclica de diferentes instrumentos rotatorios: ProTaper Gold, ProTaper Next, HyFlex CM, Reciproc, Wave One y Wave One Gold.” <i>Ana Karen Calderón Gutiérrez.</i></p>				
PROTAPER GOLD	Carga máxima de compresión (N)	CM	Cm	Tiempo (segundos)
No. 1	1.48	1.0	0.9	219.2
No. 2	7.36	0.9	0.8	244.5
No. 3	1.82	0.8	0.7	251.20
No. 4	1.43	0.9	0.8	293.8
No. 5	3.97	0.9	0.8	297.5
No. 6	1.52	0.9	0.8	257.9
No. 7	1.44	0.9	0.8	277.6
No. 8	1.39	0.9	0.8	311.4
No. 9	1.50	0.8	0.6	304.3
No. 10	1.43	0.7	0.5	296.5

Tabla V. Resultados ProTaper Next

<p>“Evaluación de la resistencia a la fatiga cíclica de diferentes instrumentos rotatorios: ProTaper Gold, ProTaper Next, HyFlex CM, Reciproc, Wave One y Wave One Gold.” <i>Ana Karen Calderón Gutiérrez.</i></p>				
PROTAPER NEXT	Carga máxima de compresión (N)	CM	Cm	Tiempo (segundos)
No. 1	2.29	1.3	1.0	82.6
No. 2	3.05	1.5	1.3	77.4
No. 3	2.69	1.3	1.1	86.2
No. 4	1.87	1.2	1.0	83.5
No. 5	1.81	1.5	1.3	114.2
No. 6	2.35	1.8	1.6	109.5
No. 7	2.43	1.8	1.6	107.9
No. 8	2.75	2.0	1.8	116.6
No. 9	2.47	1.7	1.5	147.7
No. 10	2.48	1.8	1.6	105.4

Tabla VI. Resultados Hyflex CM

<p>“Evaluación de la resistencia a la fatiga cíclica de diferentes instrumentos rotatorios: ProTaper Gold, ProTaper Next, HyFlex CM, Reciproc, Wave One y Wave One Gold.” <i>Ana Karen Calderón Gutiérrez.</i></p>				
HYFLEX CM	Carga máxima de compresión (N)	CM	Cm	Tiempo (segundos)
No. 1	1.44	1.2	1.1	139.9
No. 2	2.23	1.4	1.0	94.5
No. 3	1.87	1.1	0.9	139.0
No. 4	1.30	1.0	0.9	103.2
No. 5	1.63	1.3	1.2	102.7
No. 6	1.70	1.4	1.3	105.5
No. 7	3.98	1.2	1.0	149.8
No. 8	1.57	1.3	1.2	114.9
No. 9	1.52	1.3	1.2	109.7
No. 10	1.60	1.3	1.1	121.4

Tabla VII. Resultados Reciproc

<p>“Evaluación de la resistencia a la fatiga cíclica de diferentes instrumentos rotatorios: ProTaper Gold, ProTaper Next, HyFlex CM, Reciproc, Wave One y Wave One Gold.” <i>Ana Karen Calderón Gutiérrez.</i></p>				
RECIPROC	Carga máxima de compresión (N)	CM	Cm	Tiempo (segundos)
No. 1	2.11	1.2	0.9	144.0
No. 2	4.5	1.1	0.7	125.2
No. 3	1.56	1.2	0.9	213.0
No. 4	3.5	1.1	0.9	298.3
No. 5	2.58	1.6	1.4	271
No. 6	2.18	1.4	1.2	250
No. 7	3.29	1.5	1.3	253.8
No. 8	16.46	1.2	0.8	229.7
No. 9	5.32	1.0	0.8	296.0
No. 10	1.70	1.2	0.9	248.4

Tabla VIII. Resultados Wave One

<p>“Evaluación de la resistencia a la fatiga cíclica de diferentes instrumentos rotatorios: ProTaper Gold, ProTaper Next, HyFlex CM, Wave One y Wave One Gold.” <i>Ana Karen Calderón Gutiérrez.</i></p>				
WAVE ONE	Carga máxima de compresión (N)	CM	Cm	Tiempo (segundos)
No. 1	2.95	1.1	0.9	116.8
No. 2	3.16	1.2	0.9	92.1
No. 3	2.2	1.2	0.9	146.7
No. 4	2.1	0.7	0.4	269.1
No. 5	3.87	1.2	0.8	174.4
No. 6	3.88	1.0	0.8	266
No. 7	3.04	1.0	0.8	287
No. 8	2.45	1.2	0.9	120.2
No. 9	2.06	1.3	1.0	220.8
No. 10	1.98	1.2	0.9	196

Tabla IX. Resultados Wave One Gold

<p>“Evaluación de la resistencia a la fatiga cíclica de diferentes instrumentos rotatorios: ProTaper Gold, ProTaper Next, HyFlex CM, Reciproc, Wave One y Wave One Gold.” <i>Ana Karen Calderón Gutiérrez.</i></p>				
WAVE ONE GOLD	Carga máxima de compresión (N)	CM	Cm	Tiempo (segundos)
No. 1	2.48	0.6	0.4	541.0
No. 2	0.99	0.5	0.2	961.2
No. 3	4.5	0.8	0.5	886.8
No. 4	1.33	0.7	0.3	782
No. 5	3.17	0.6	0.4	813
No. 6	1.34	0.5	0.3	709
No. 7	6.7	0.6	0.4	461
No. 8	1.21	0.6	0.4	872
No. 9	2.35	0.6	0.4	966
No. 10	2.90	0.4	0.3	822

ANEXO 2.



Figura 3. Motor wave•one™ utilizado para activar los instrumentos analizados.

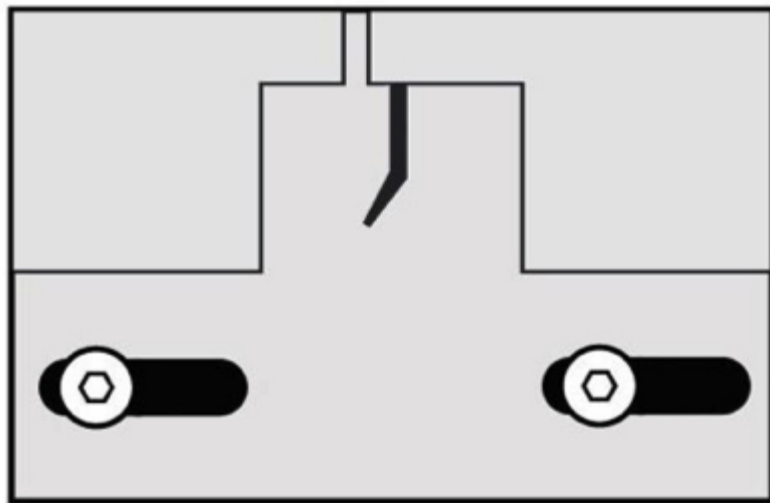


Figura 4. Diseño para dispositivo de medición fatiga cíclica- vista frontal

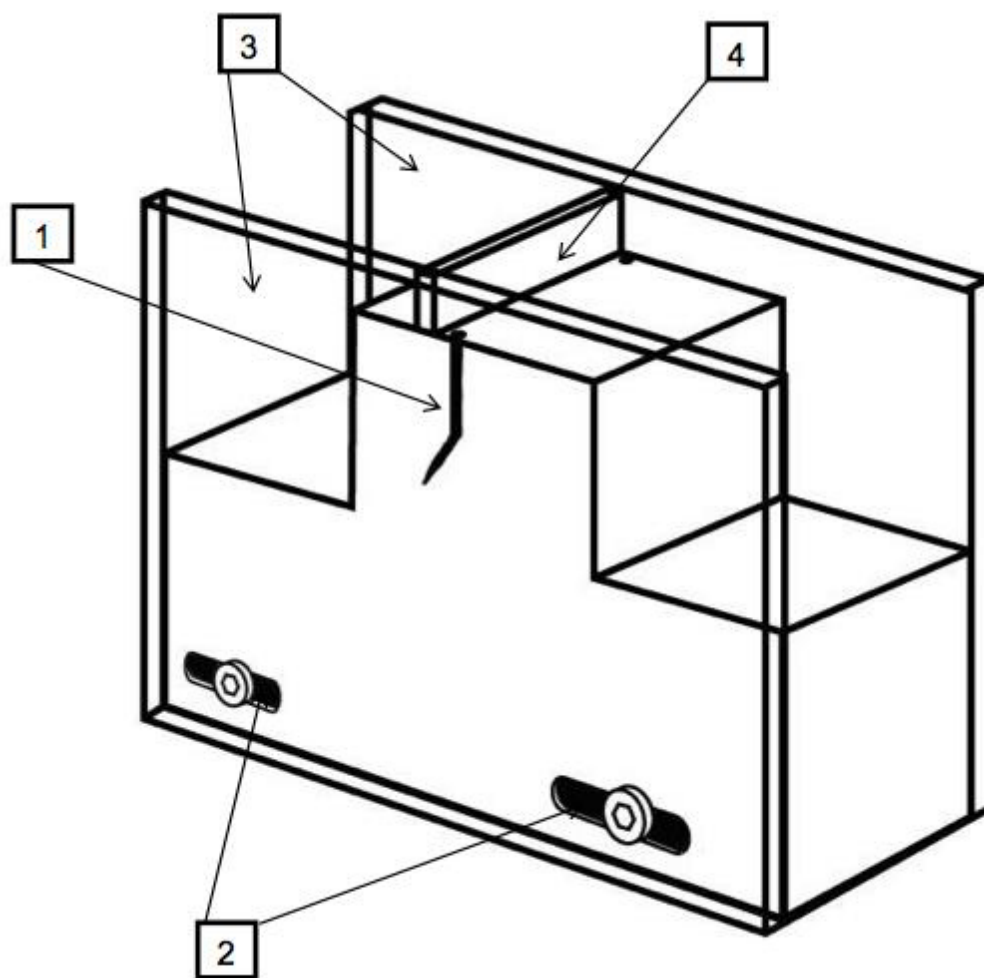


Figura 5. Diseño para dispositivo de medición de fatiga cíclica- vista lateral derecha.
 1)Conducto que simula el conducto radicular 2)Método de sujeción que permite el deslizamiento del acrílico transparente 3)El dispositivo cuenta con dos conductos: 0.35 mm de diámetro y .06 mm de conicidad y otro de 0.25 mm de diámetro y 0.08 mm de conicidad 4)Porción que simula la corona del molar para tener un punto de referencia al introducir el instrumento a examinar.

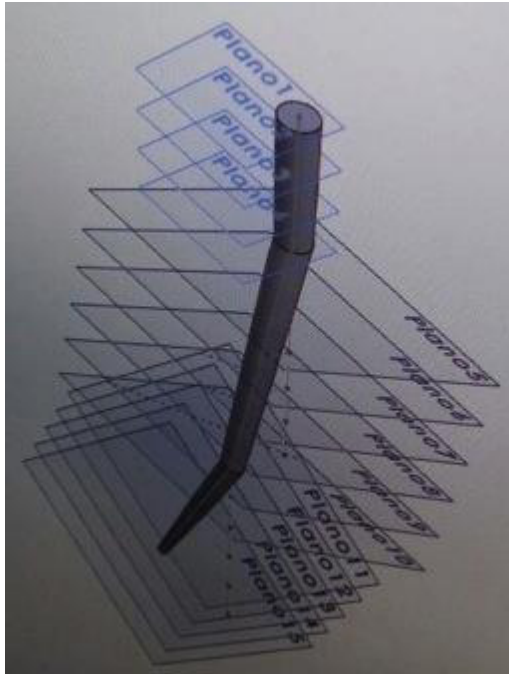


Figura 6. Diseño de la doble curvatura: bucolingual y mesiodistal del dispositivo.

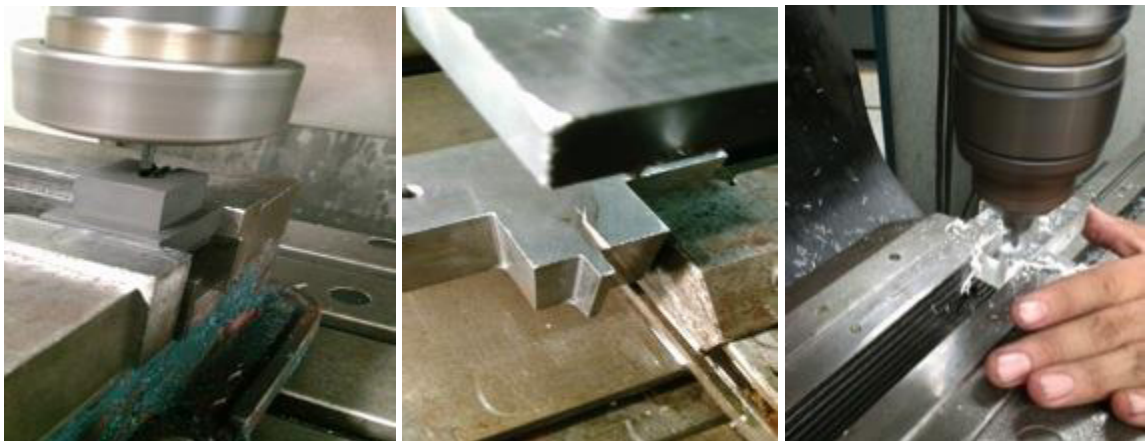


Figura 7. Proceso de manufactura del dispositivo para medición de fatiga cíclica en la empresa Mimsa S.A. de C.V.

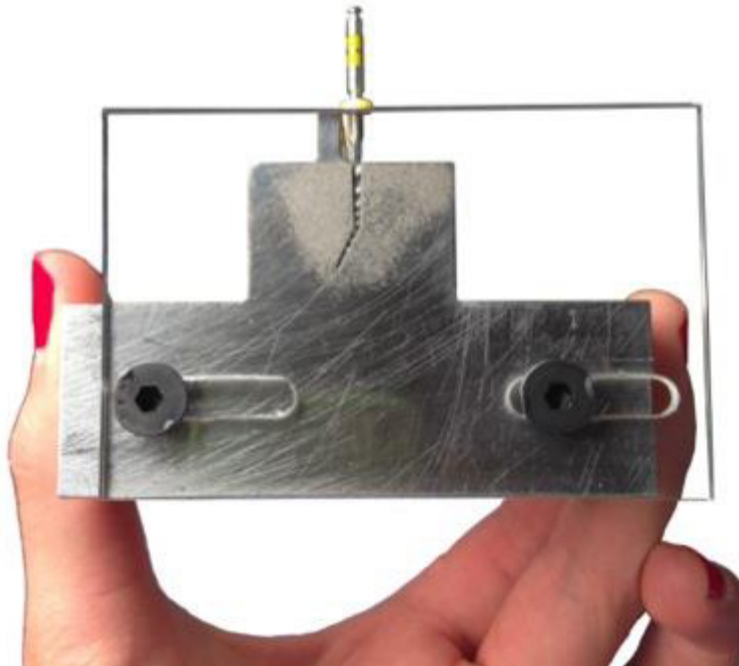


Figura 8. CF Endo Tester- vista frontal

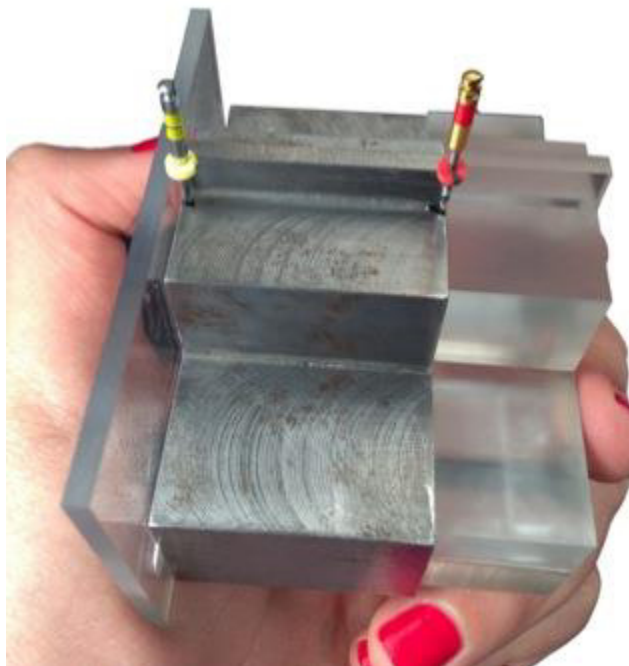


Figura 9. CF Endo Tester vista lateral, donde se aprecian los dos canales: 25 .08 y 35 .06 mm.

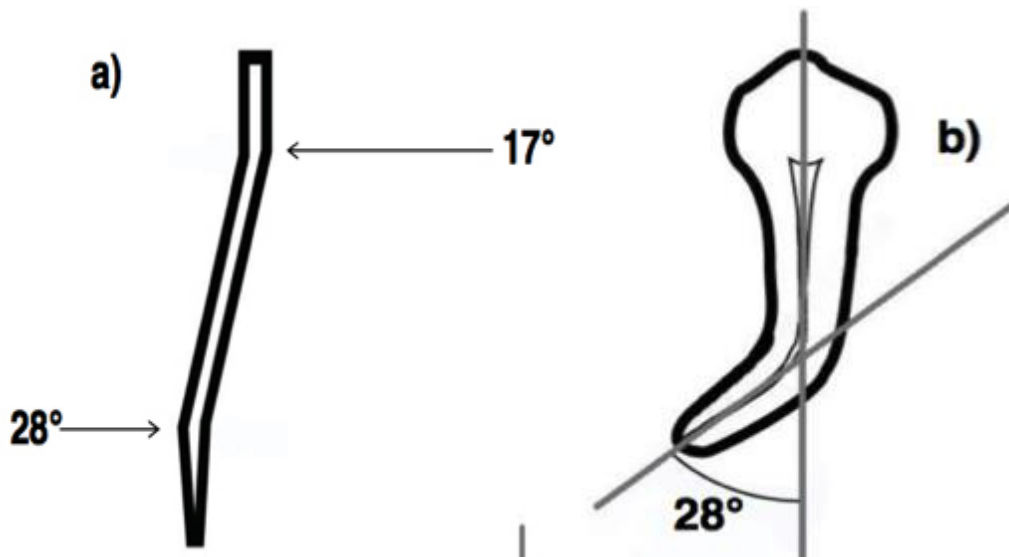


Figura 10. a) Vista lateral del conducto, primera curvatura en sentido bucolingual localizada en tercio coronal y medio de 17 grados y en tercio apical curvatura secundaria en sentido mesiodistal de 28 grados. b) Vista clínica del conducto, segunda curvatura en sentido mesiodistal localizada en tercio apical de 28 grados.

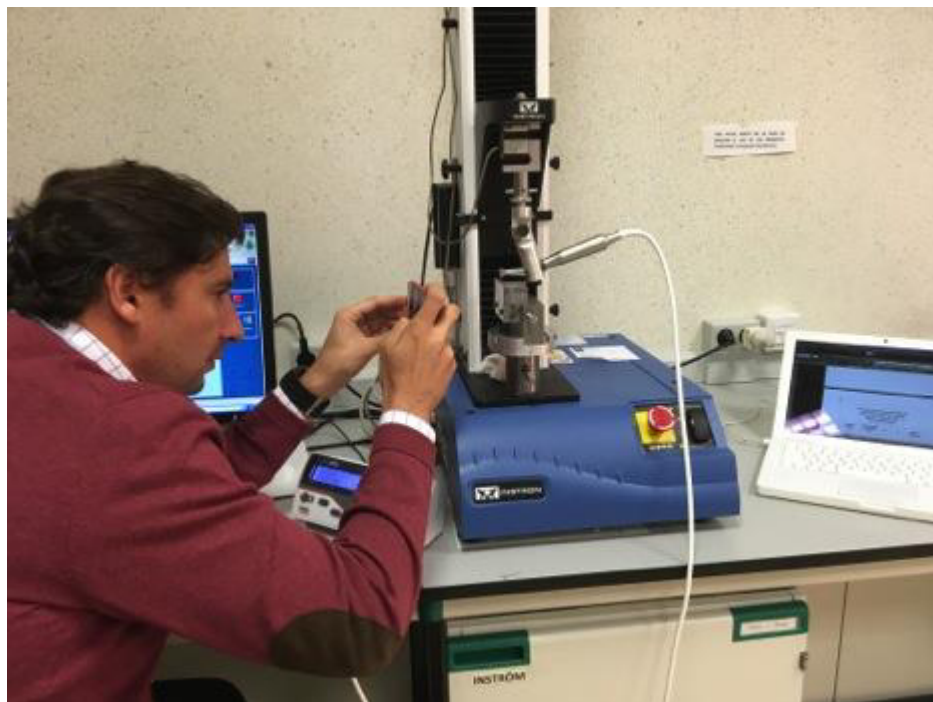


Figura 11. Dr. José Aranguren Cangas. Estudio Piloto en Laboratorio 2.015 de la Universidad Rey Juan Carlos, Madrid, España.

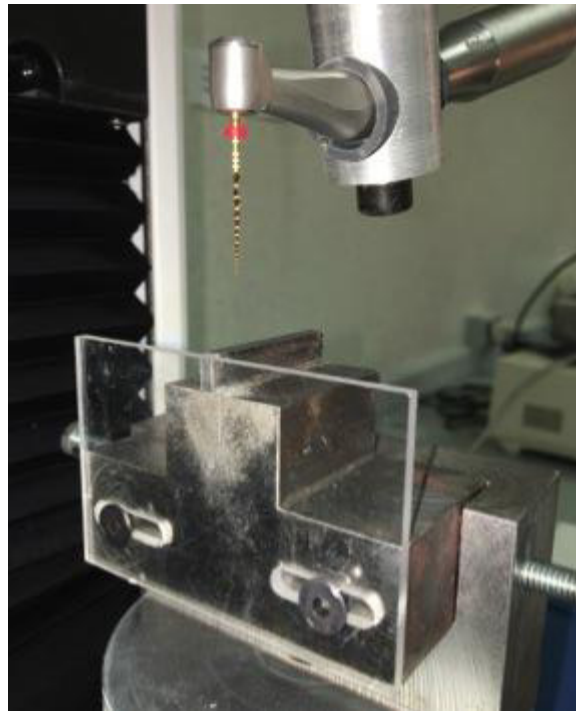


Figura 12. CF Endo Tester y cabeza del motor wave•one™ fijados en Inström e instrumento Wave One Gold a examinar.

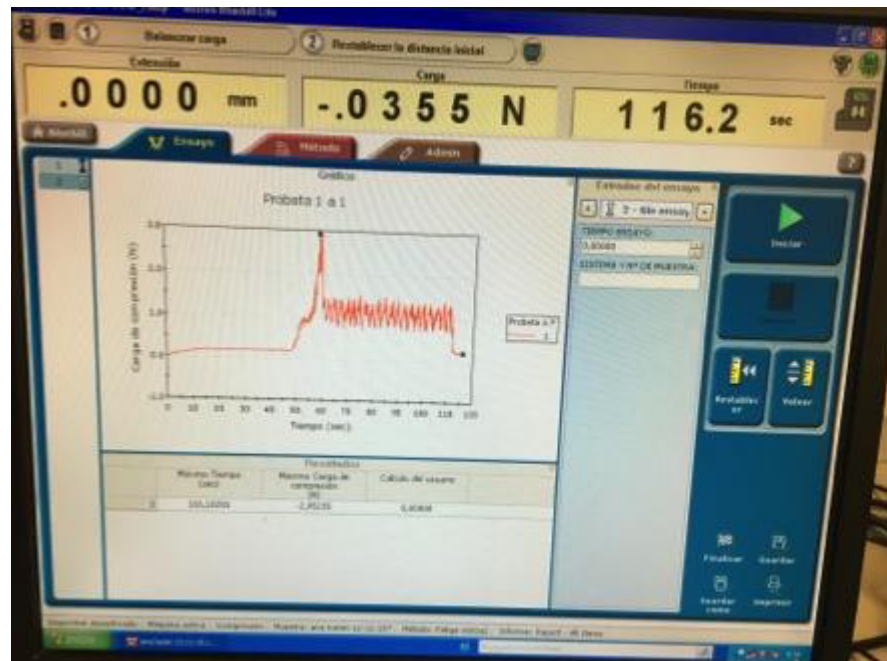


Figura 13. Gráfica en programa Bluehill mostrando la rotación y resultados del instrumento analizado.

	Máximo Tiempo (sec)	Máximo Carga de compresión (N)	Cálculo del usuario
1	243,91601	-1,44923	0,00000
2	123,77601	-2,23423	0,00000
3	139,32801	-1,87029	0,00000
4	103,48800	-1,30971	0,00000
5	103,79000	-1,63308	0,00000
6	105,87801	-1,70515	0,00000
7	149,81601	-3,98626	0,00000
8	116,97801	-1,57652	0,00000
9	111,56801	-1,52194	0,00000
10	121,42201	-1,60841	0,00000
11	136,22601	-1,09339	0,00000
12	88,84000	-1,10477	0,00000
13	88,23400	-2,28575	0,00000
14	103,92600	-1,25896	0,00000
15	85,44200	-2,29728	0,00000
16	77,81400	-3,05258	0,00000
17	88,37600	-2,69834	0,00000
18	86,56200	-1,87005	0,00000
19	115,57401	-1,81036	0,00000
20	114,99001	-2,35731	0,00000
21	112,55001	-2,43678	0,00000
22	118,49201	-2,75162	0,00000
23	153,90601	-2,47505	0,00000
24	108,45201	-2,48605	0,00000
25	223,58001	-1,48303	0,00000
26	247,11201	-1,37033	0,00000
27	252,22601	-7,36687	0,00000
28	294,61601	-1,43155	0,00000
29	309,58001	-3,97993	0,00000
30	261,36201	-1,52101	0,00000
31	281,05001	-1,44470	0,00000
32	315,25201	-1,39865	0,00000
33	311,24001	-1,50753	0,00000
34	304,41401	-1,43451	0,00000
35	971,01005	-2,90246	0,00000

Figura 14. Tabla de resultados del programa Bluehill.

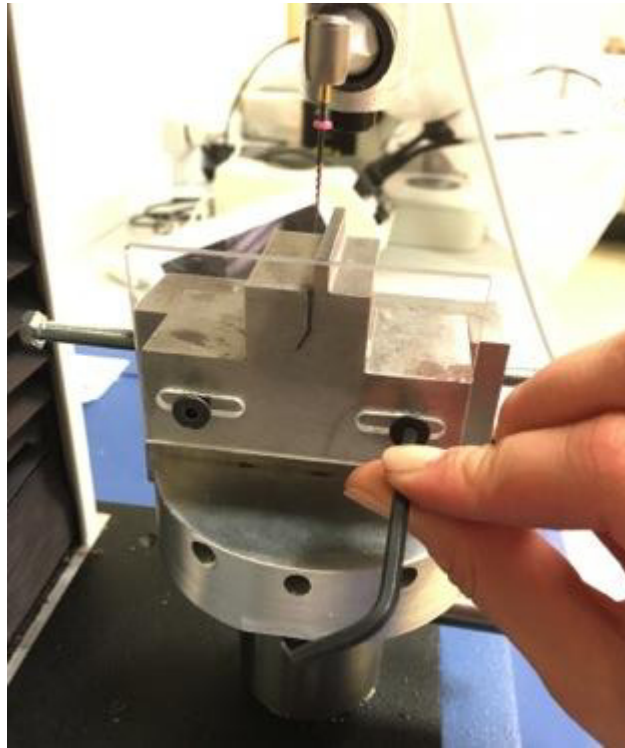


Figura 15. Desensamble del acrílico deslizable para retirar el fragmento fracturado.



Figura 16. Instrumento Reciproc fracturado.

PROTAPER GOLD



PROTAPER NEXT



HYFLEX CM



RECIPROC



WAVE ONE



WAVE ONE GOLD



Figura 17. Instrumentos analizados y sus fragmentos fracturados.

Página 1 de 2

63

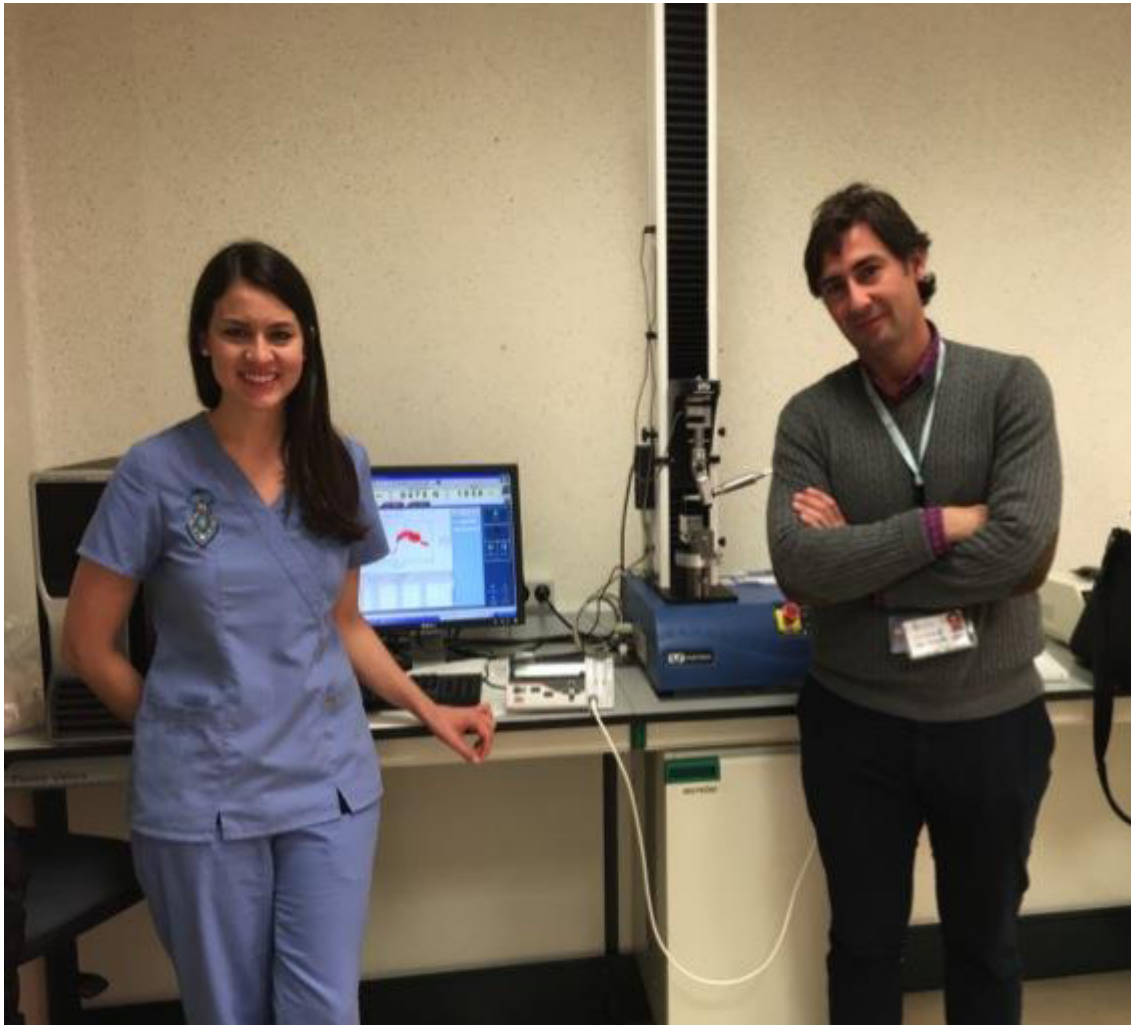


Figura 22. Realización de Experimento en Laboratorio 2.015 de la Universidad Rey Juan Carlos, Madrid, España.

ANEXO 3.

Probeta 25 a 25

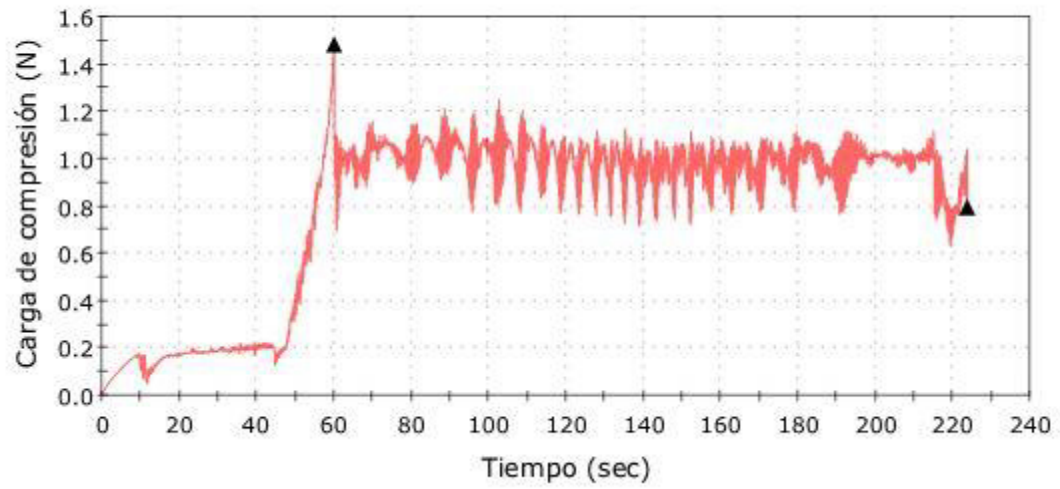


Figura 23. Gráfica ProTaper Gold, muestra 1

Probeta 26 a 26

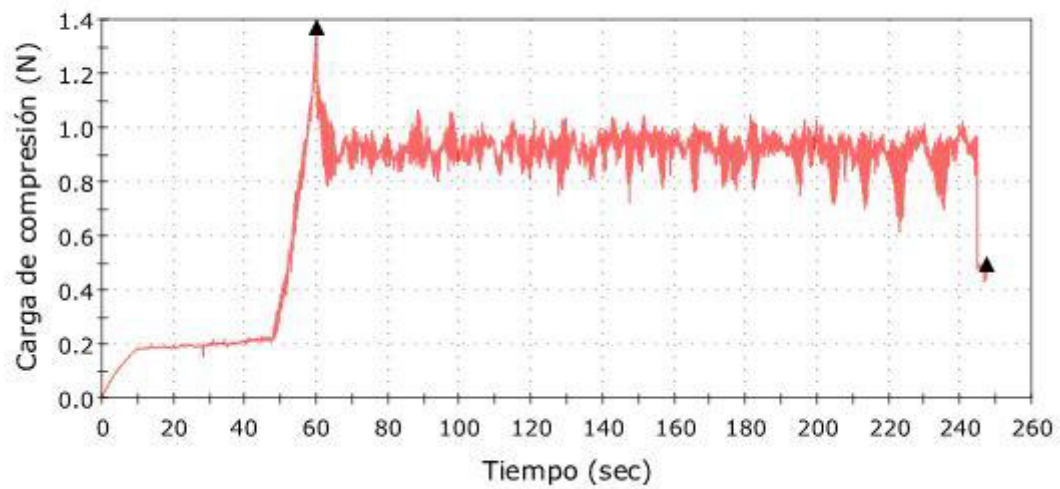


Figura 24. Gráfica ProTaper Gold, muestra 2

Probeta 27 a 27

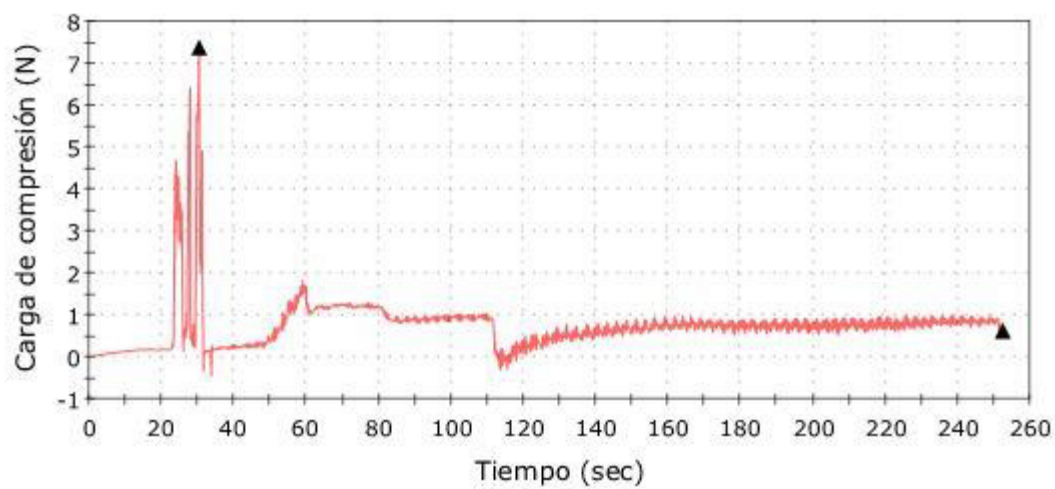


Figura 25. Gráfica ProTaper Gold, muestra 3

Probeta 28 a 28

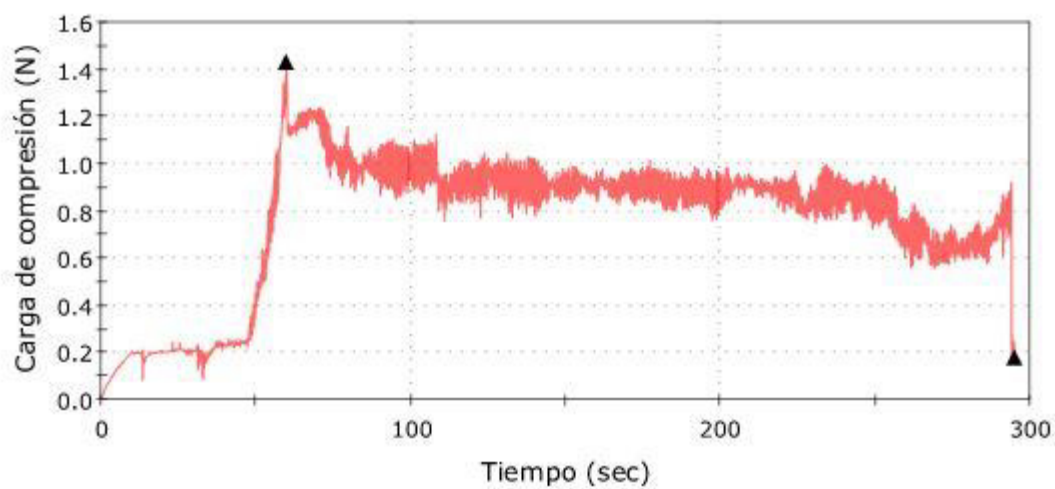


Figura 26. Gráfica ProTaper Gold, muestra 4

Probeta 29 a 29

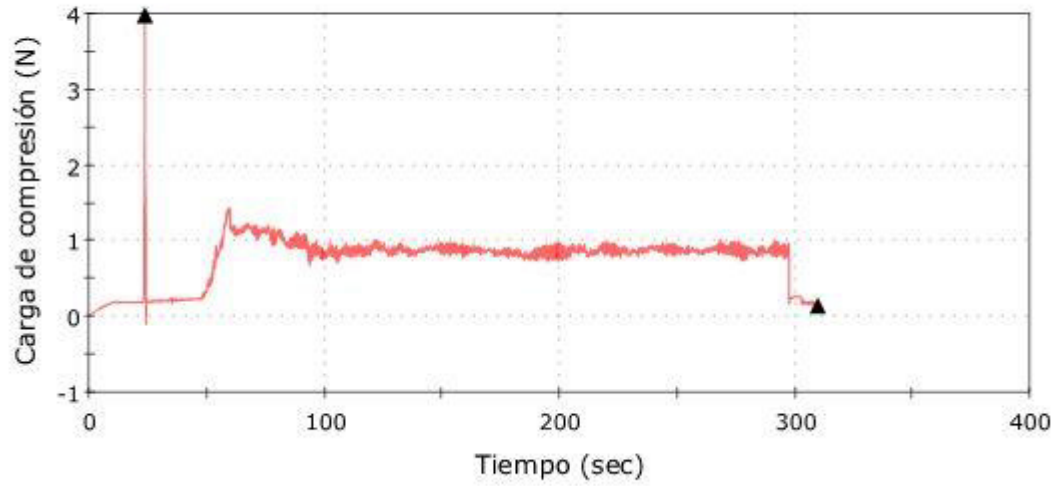


Figura 27. Gráfica ProTaper Gold, muestra 5

Probeta 30 a 30

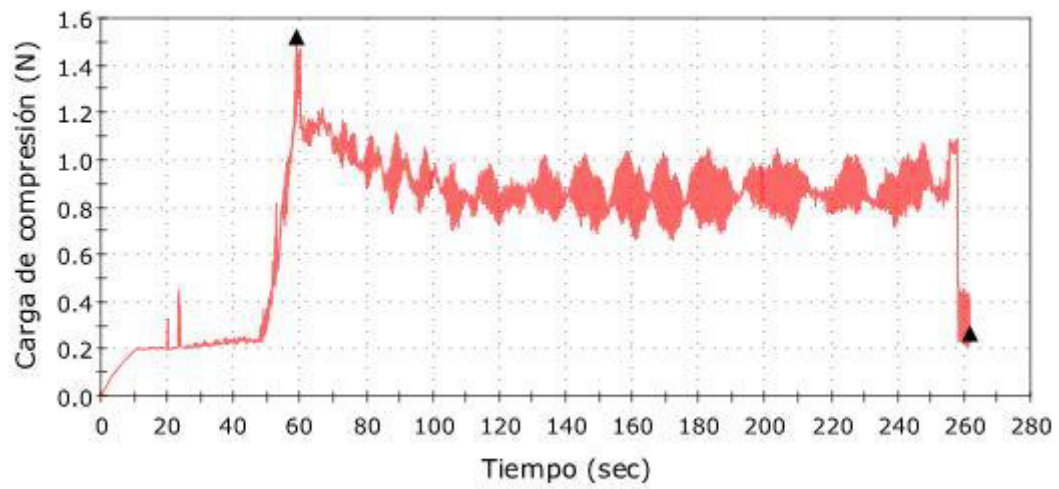


Figura 28. Gráfica ProTaper Gold, muestra 6

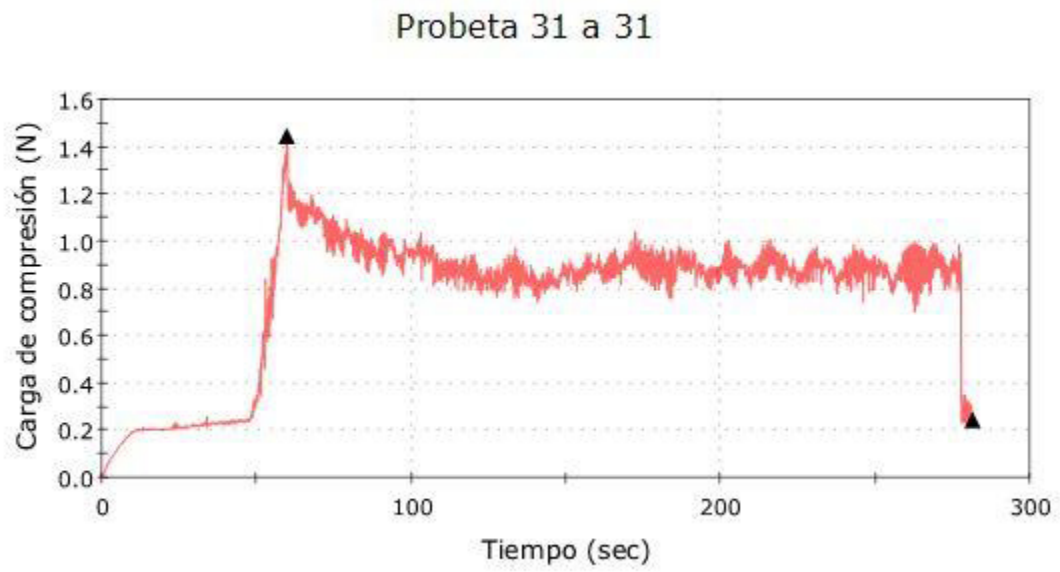


Figura 29. Gráfica ProTaper Gold, muestra 7

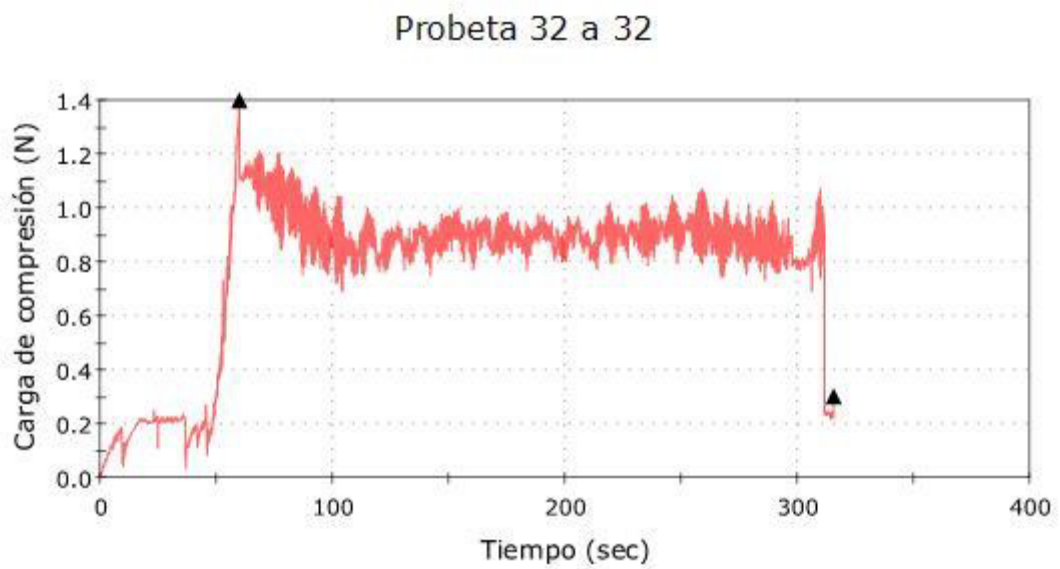


Figura 30. Gráfica ProTaper Gold, muestra 8

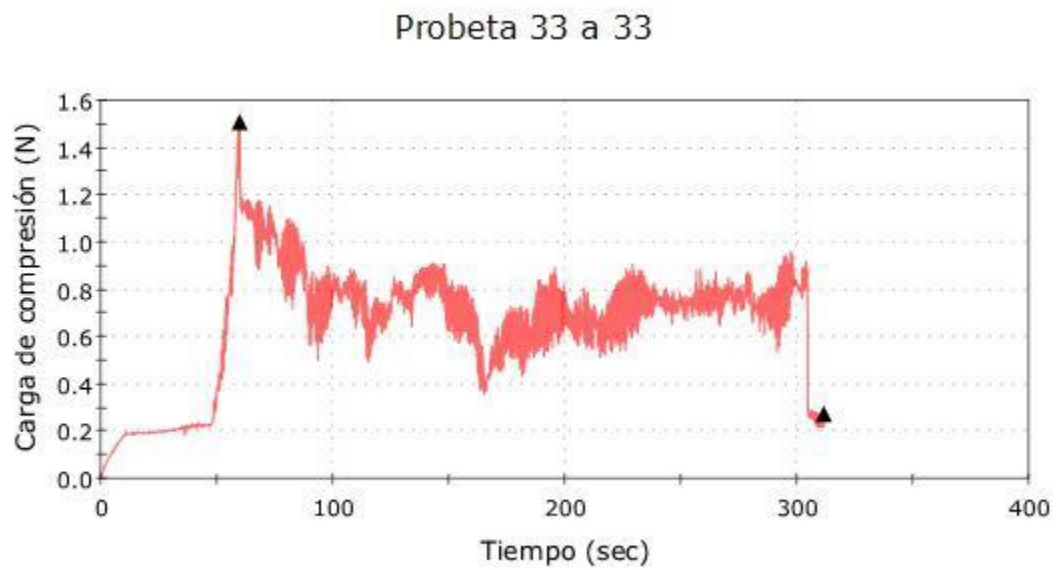


Figura 31. Gráfica ProTaper Gold, muestra 9

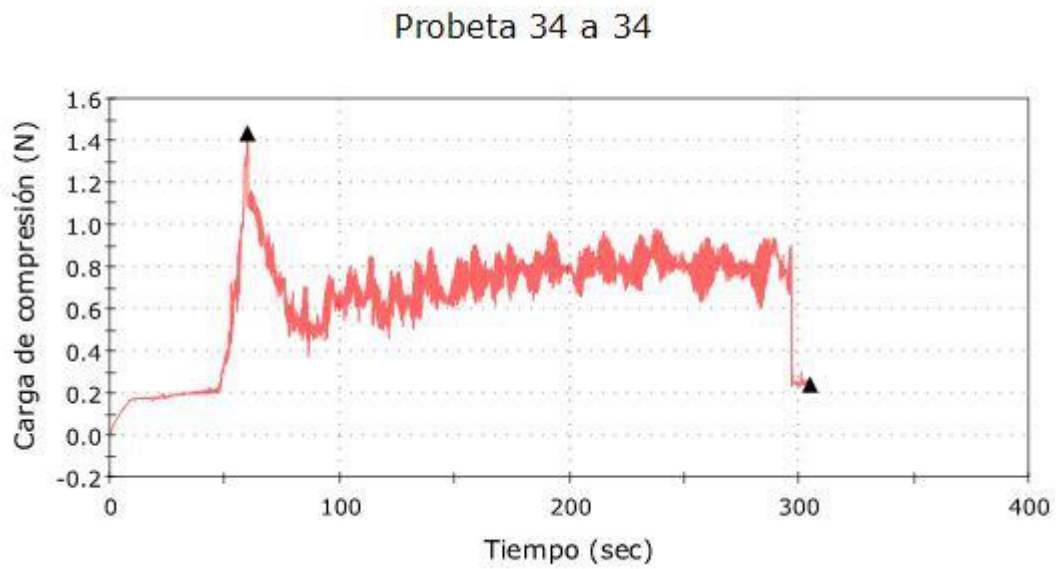


Figura 32. Gráfica ProTaper Gold, muestra 10

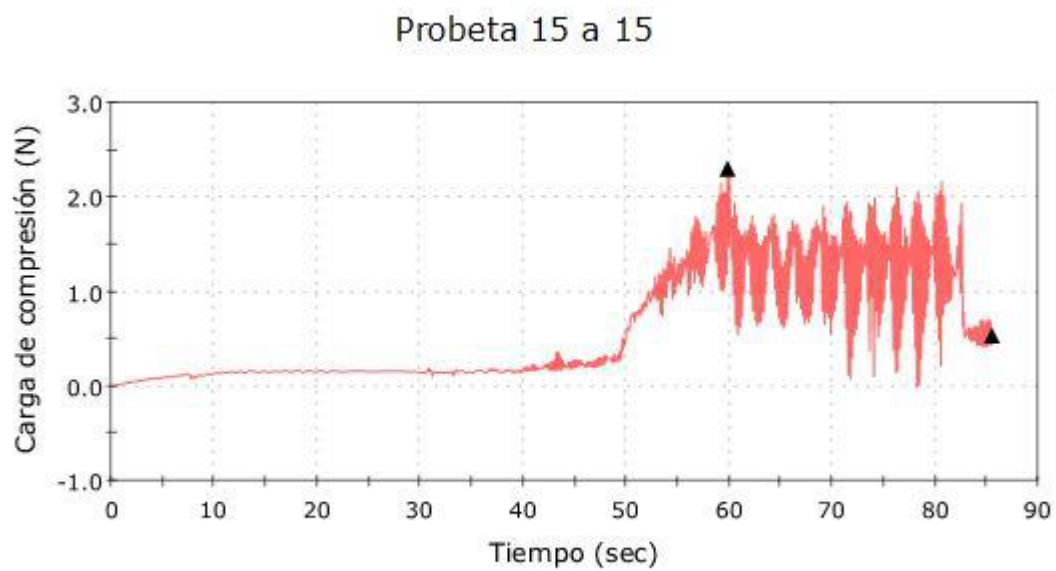


Figura 33. Gráfica ProTaper Next, muestra 1

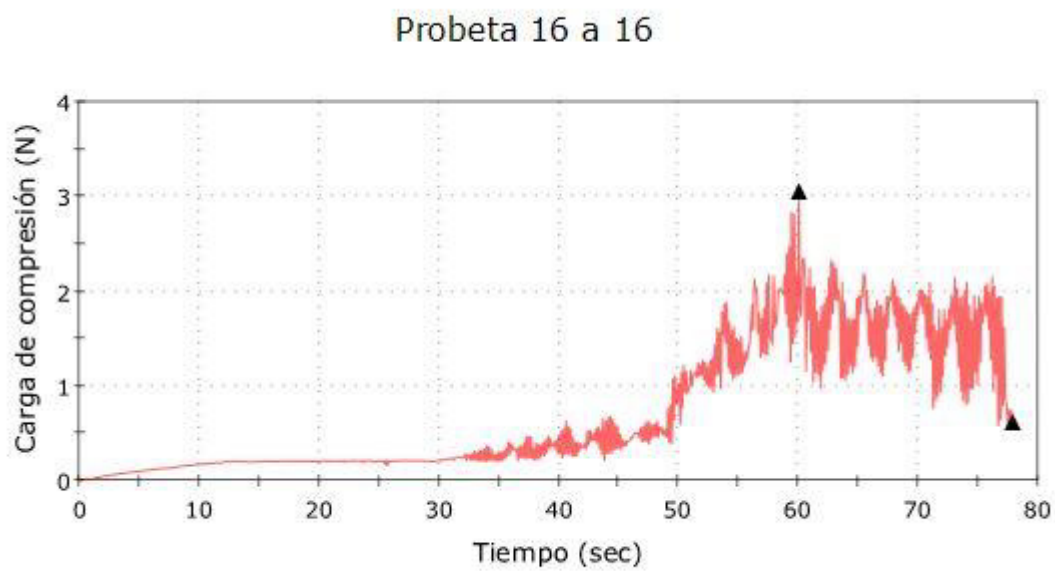


Figura 34. Gráfica ProTaper Next, muestra 2

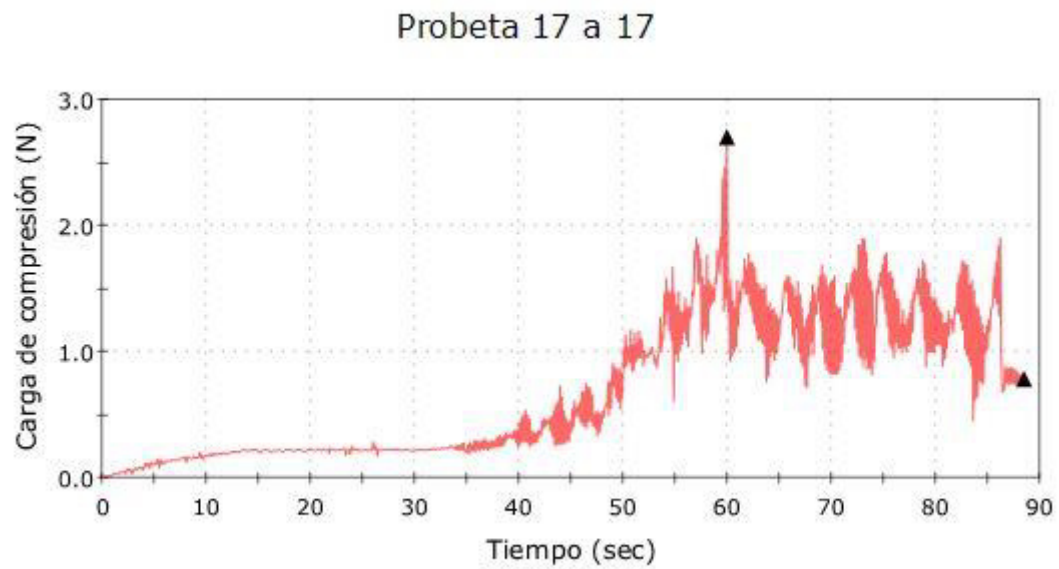


Figura 35. Gráfica ProTaper Next, muestra 3

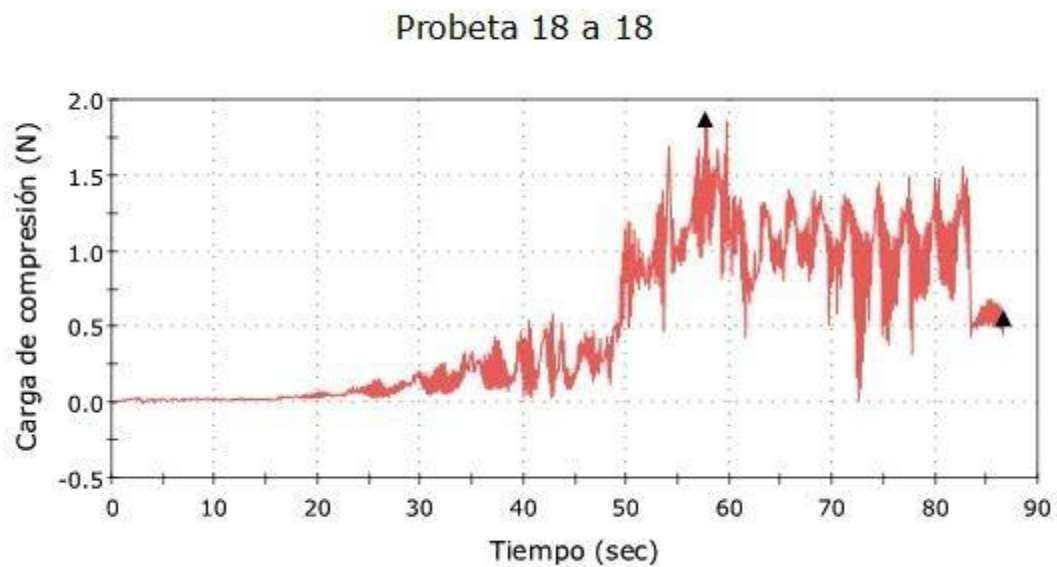


Figura 36. Gráfica ProTaper Next, muestra 4

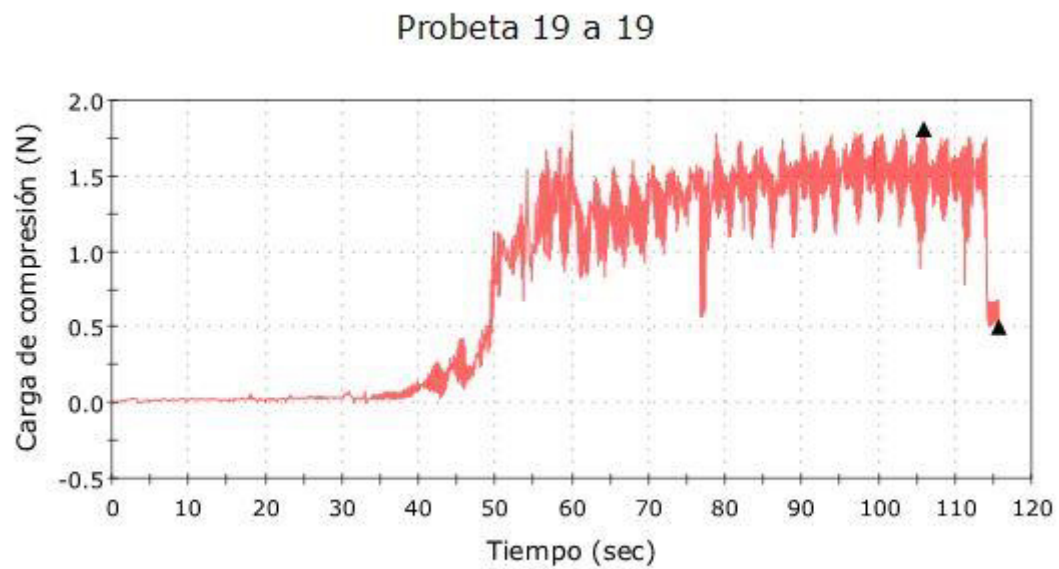


Figura 37. Gráfica ProTaper Next, muestra 5

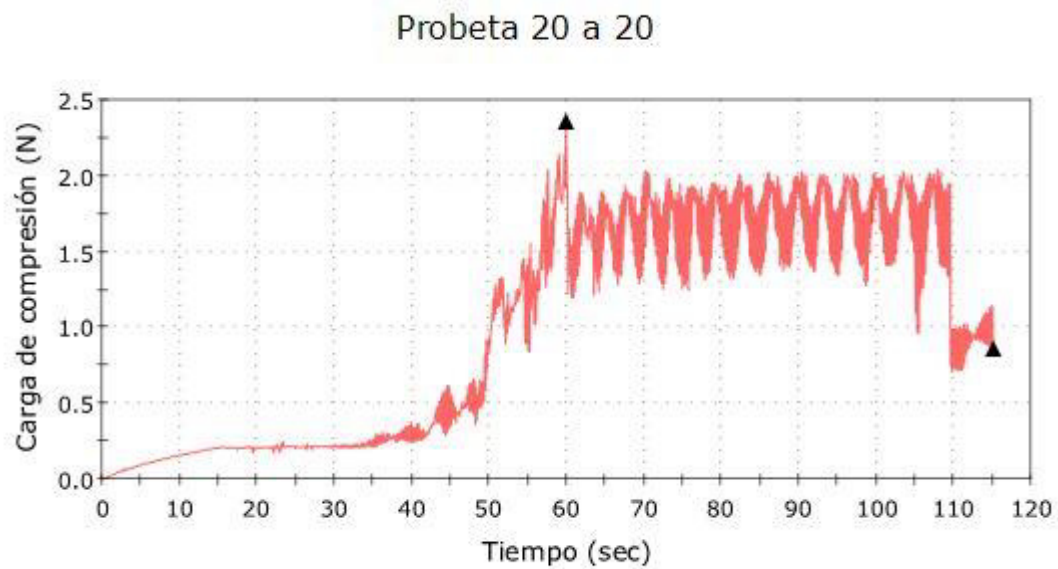


Figura 38. Gráfica ProTaper Next, muestra 6

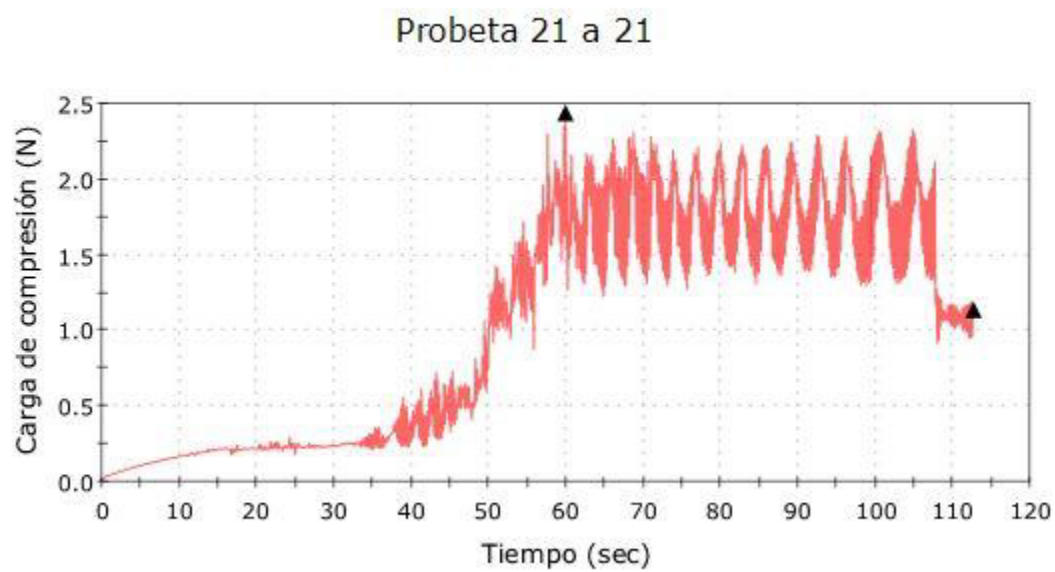


Figura 39. Gráfica ProTaper Next, muestra 7

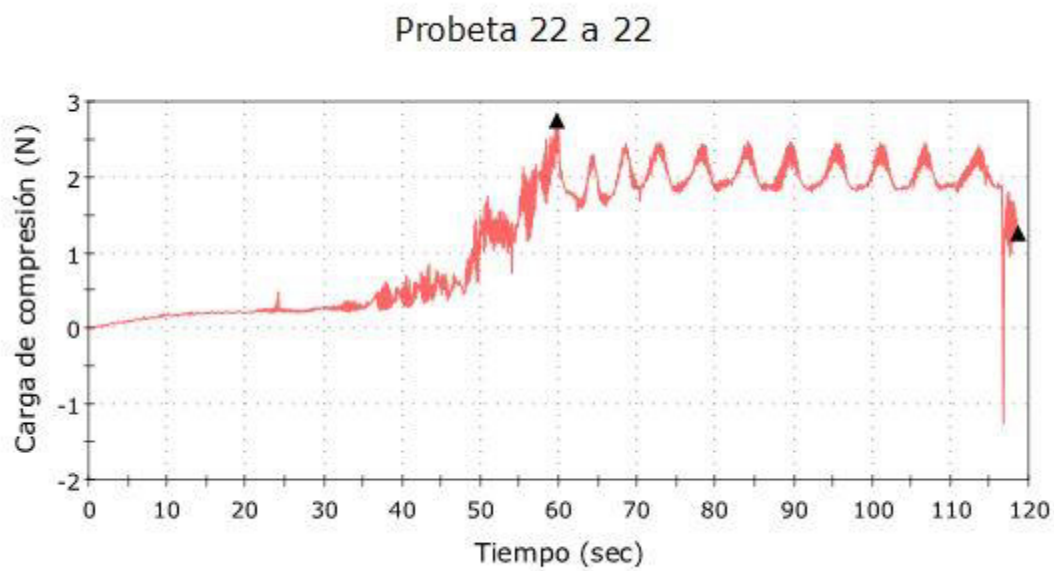


Figura 40. Gráfica ProTaper Next, muestra 8

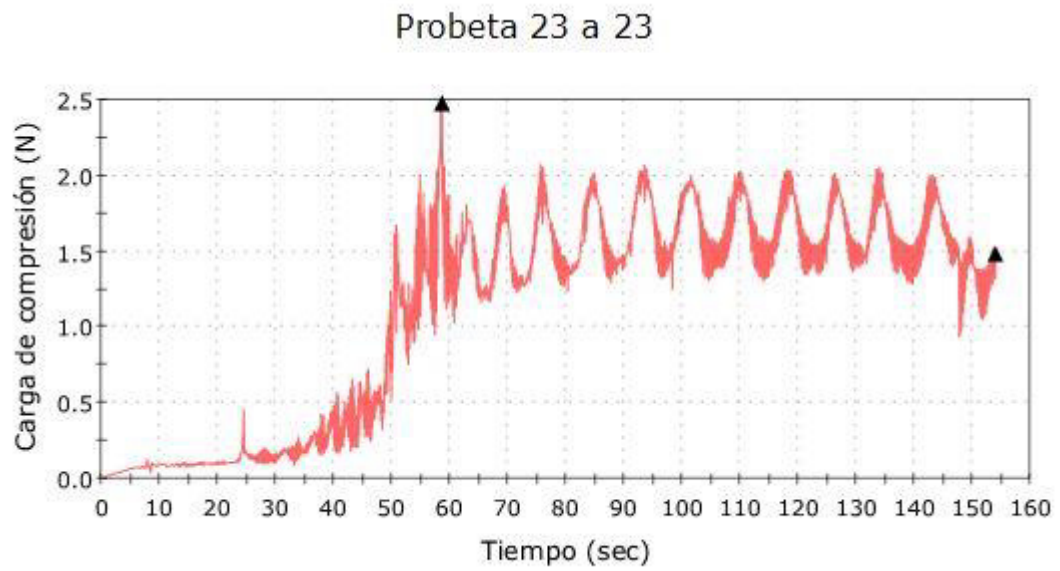


Figura 41. Gráfica ProTaper Next, muestra 9

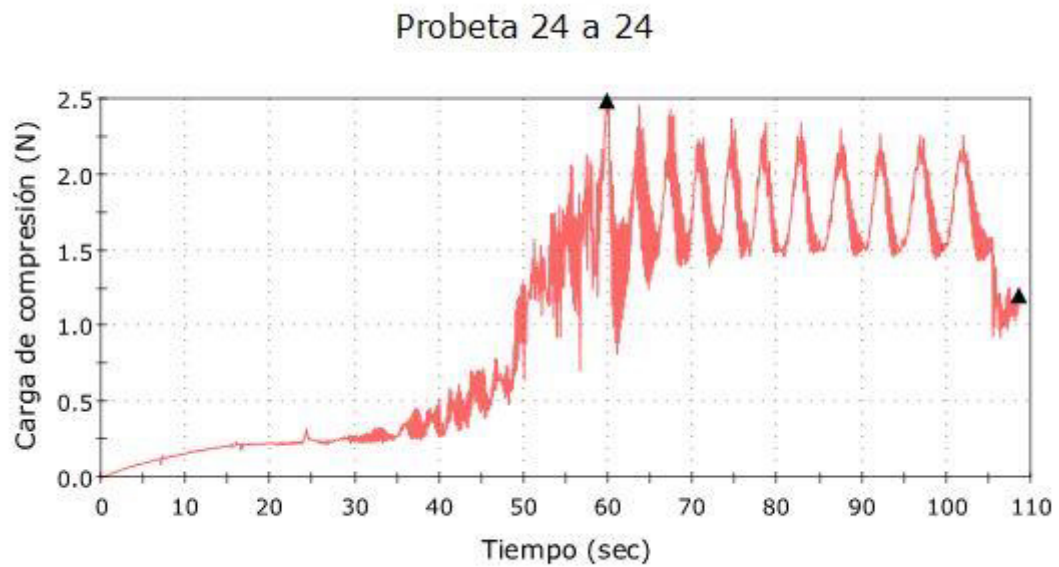


Figura 42. Gráfica ProTaper Next, muestra 10

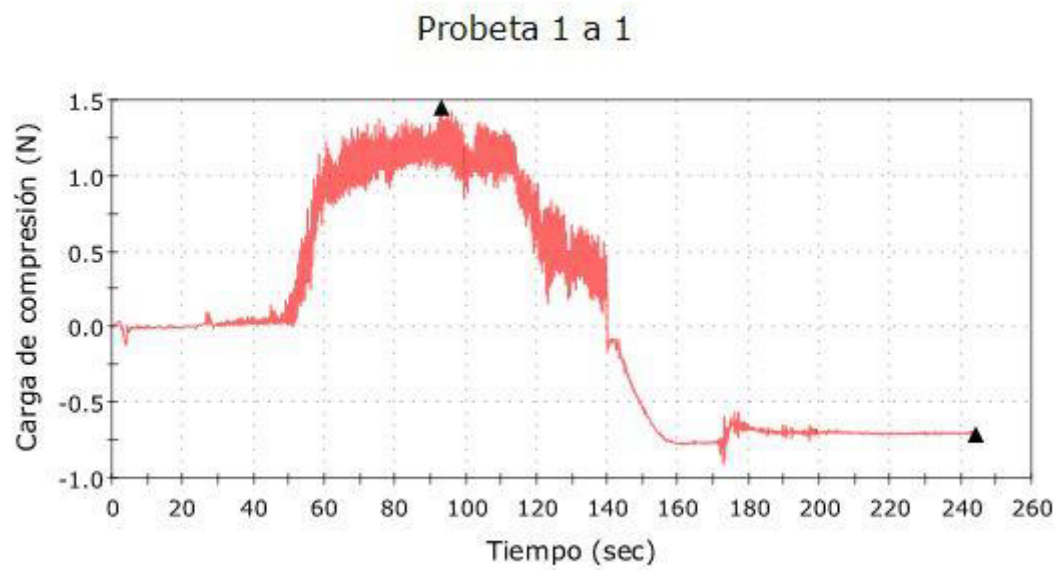


Figura 43. Gráfica Hyflex CM, muestra 1

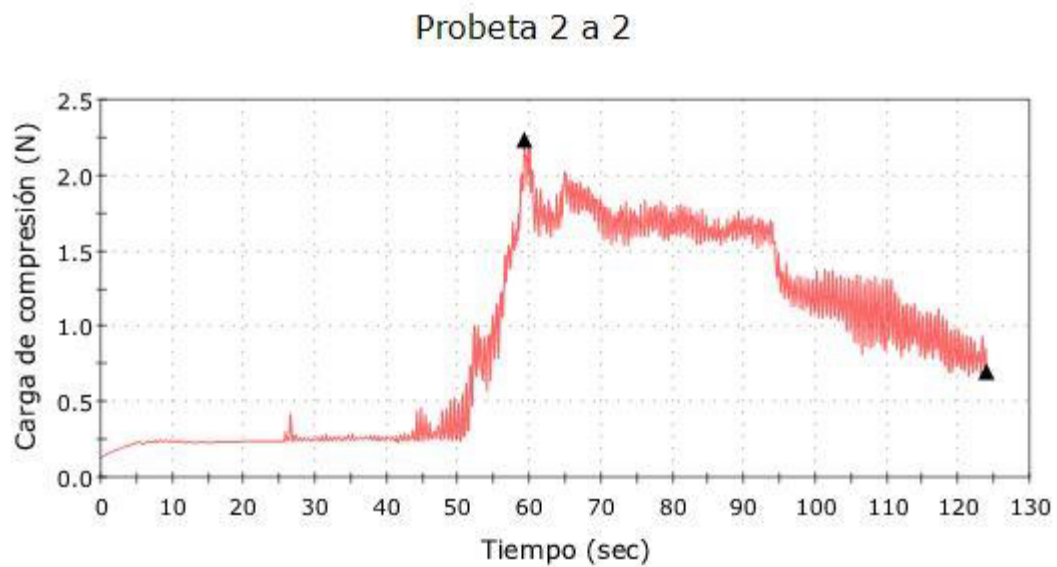


Figura 44. Gráfica Hyflex CM, muestra 2

Probeta 3 a 3

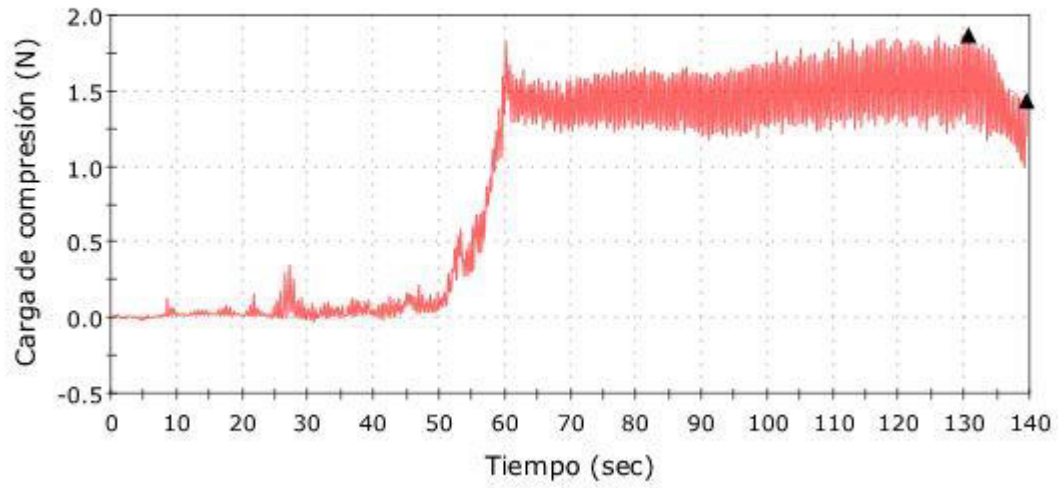


Figura 45. Gráfica Hyflex CM, muestra 3

Probeta 4 a 4

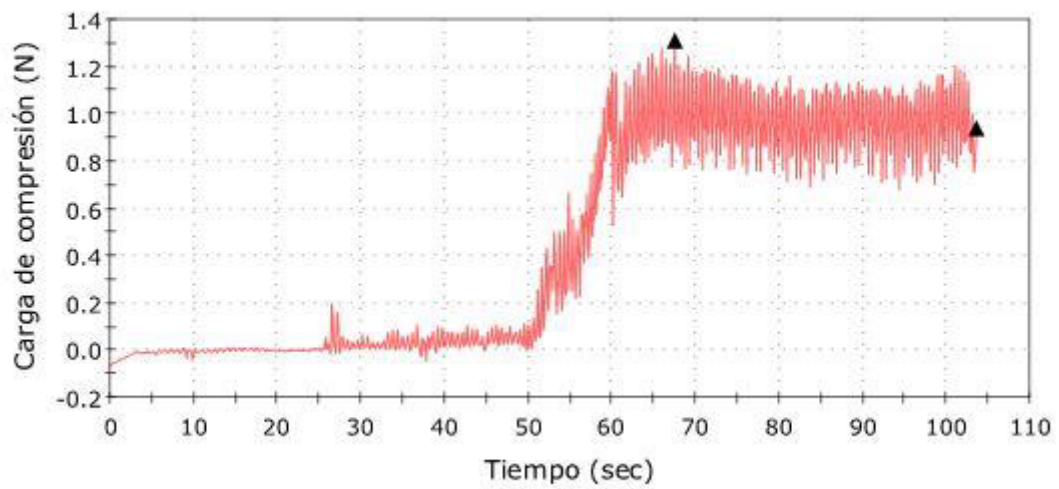


Figura 46. Gráfica Hyflex CM, muestra 4

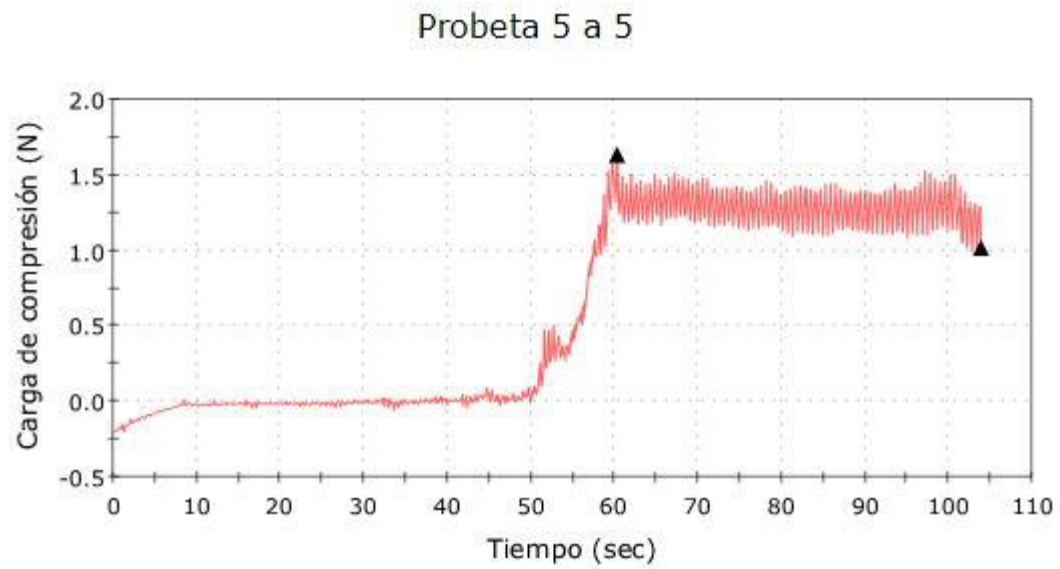


Figura 47. Gráfica Hyflex CM, muestra 5

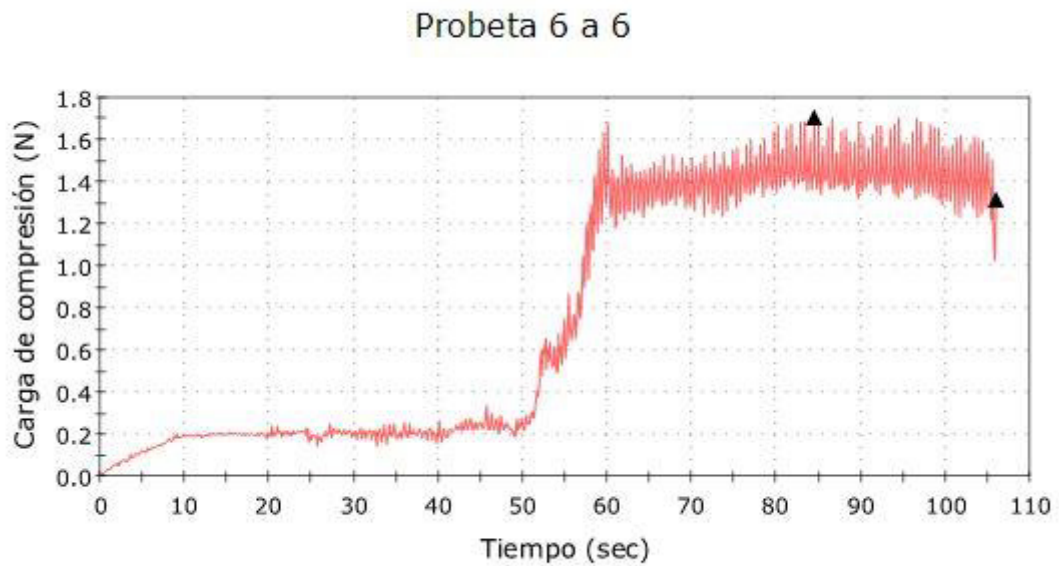


Figura 48. Gráfica Hyflex CM, muestra 6

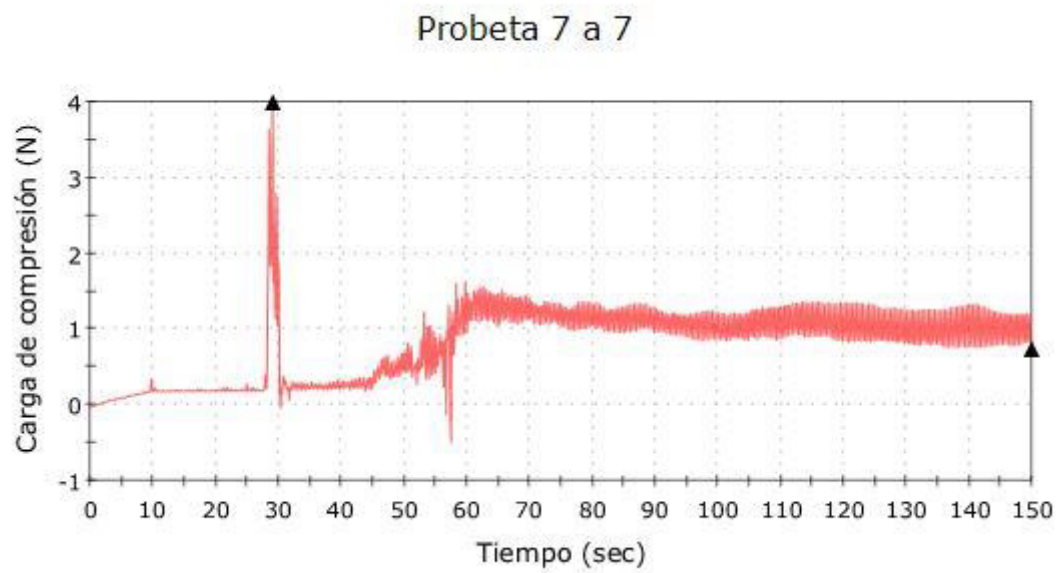


Figura 49. Gráfica Hyflex CM, muestra 7

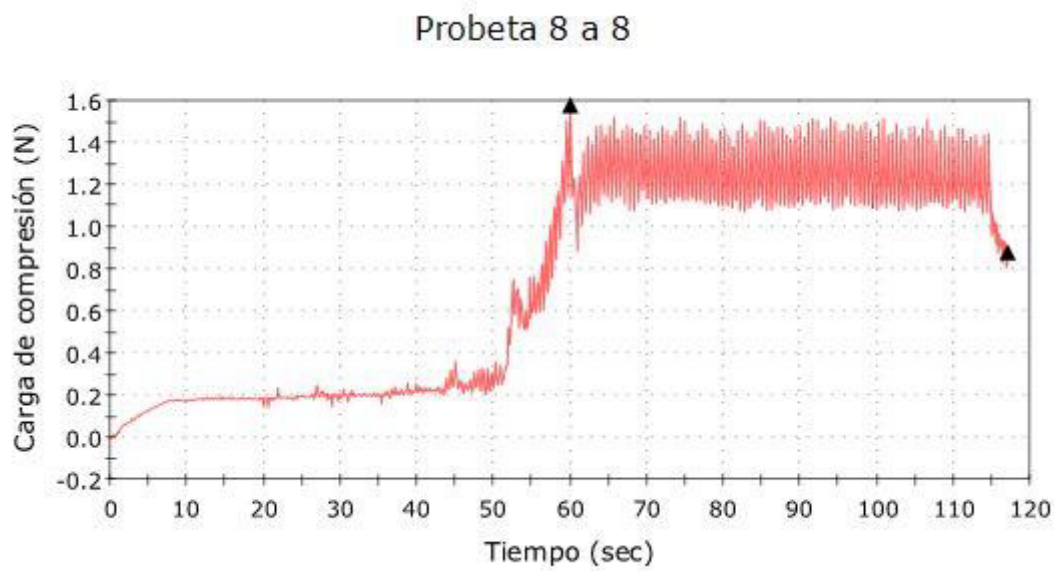


Figura 50. Gráfica Hyflex CM, muestra 8

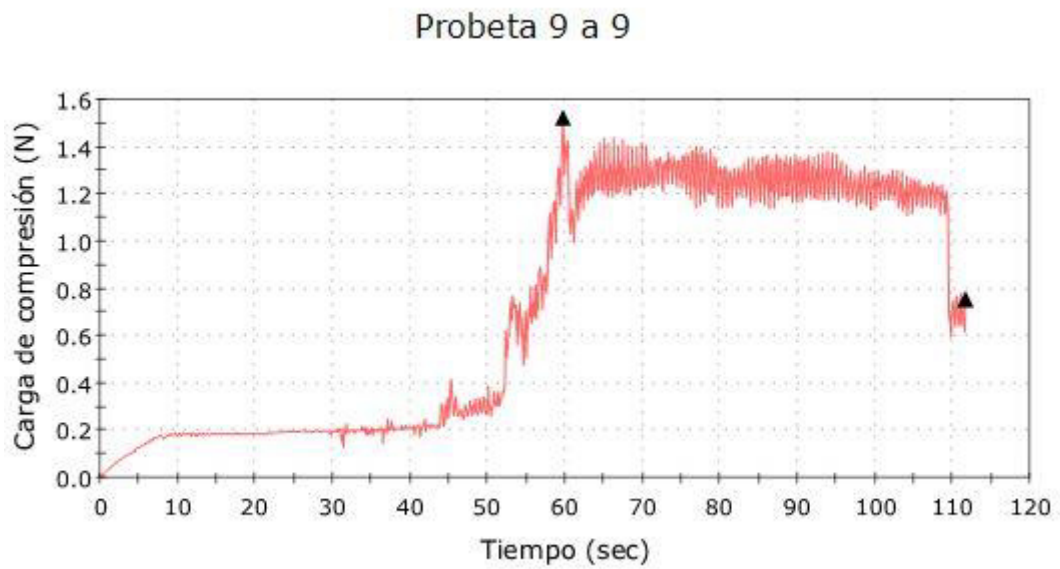


Figura 51. Gráfica Hyflex CM, muestra 9

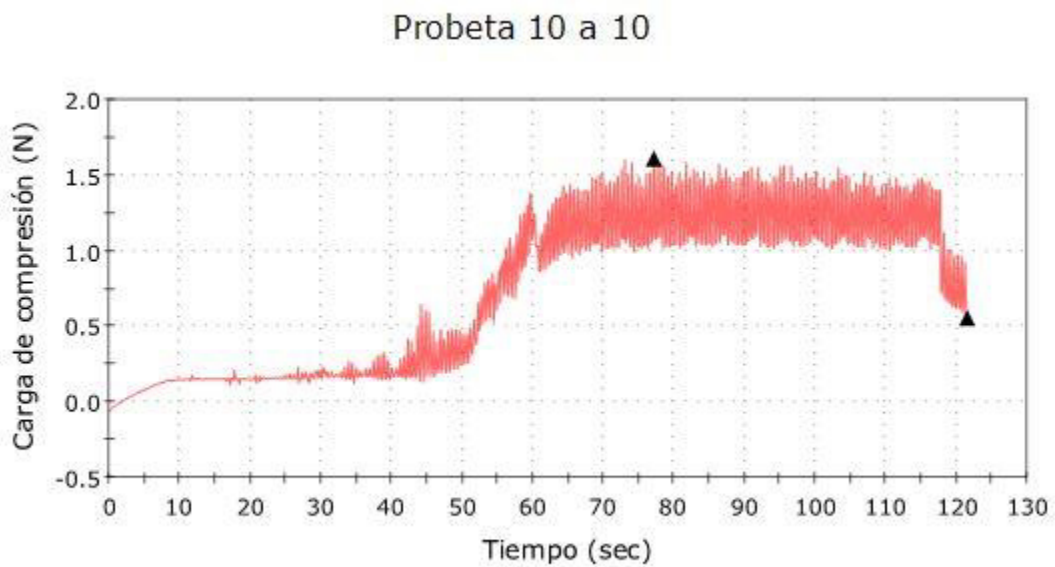


Figura 52. Gráfica Hyflex CM, muestra 10

Probeta 2 a 2

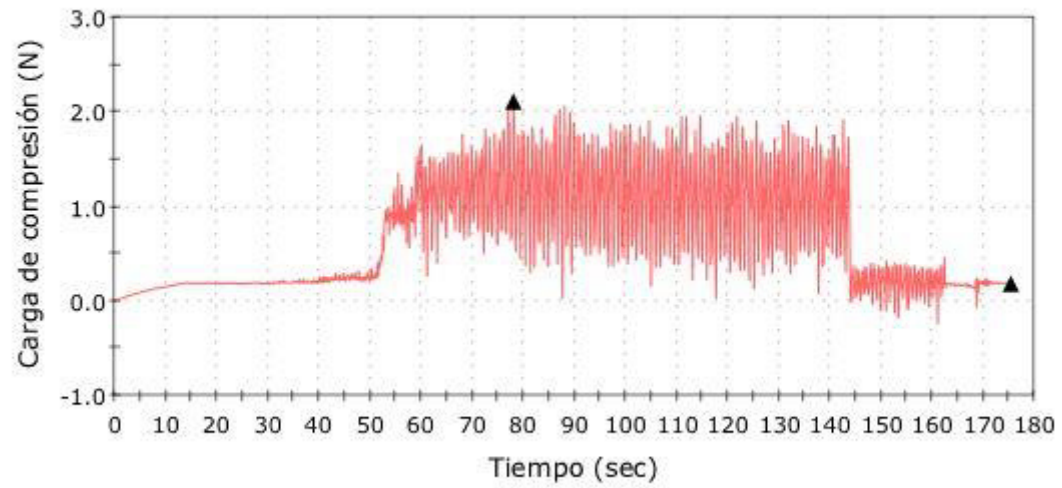


Figura 53. Gráfica Recíproca, muestra 1

Probeta 4 a 4

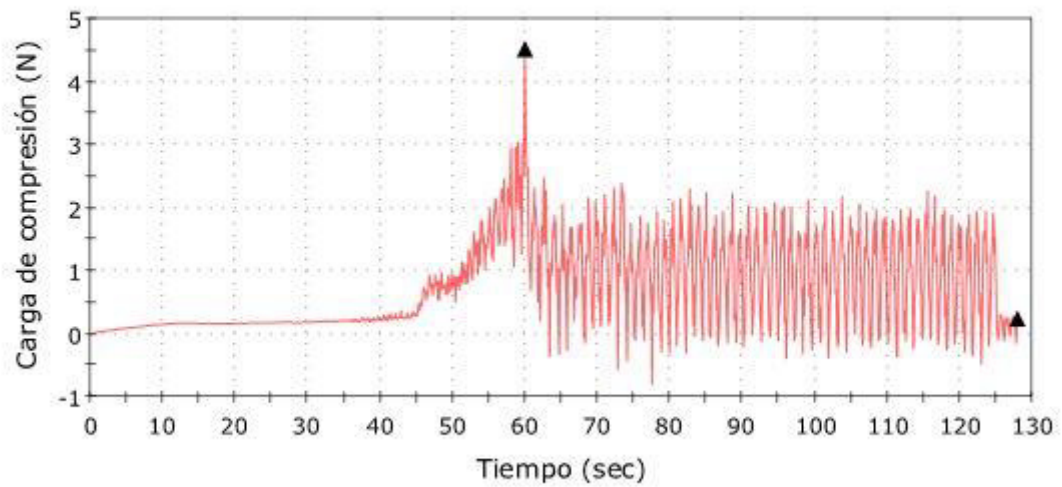


Figura 54. Gráfica Recíproca, muestra 2

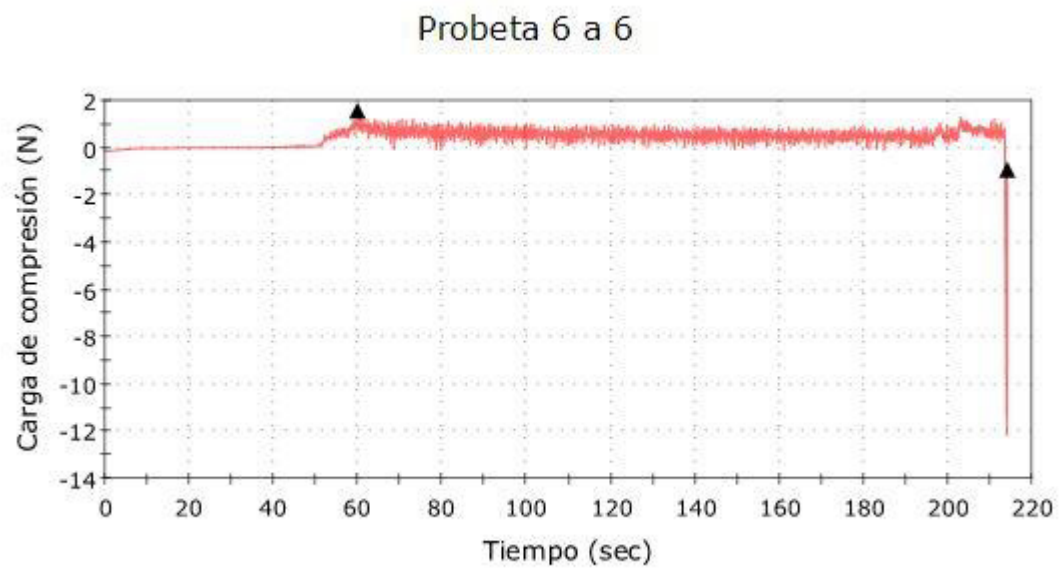


Figura 55. Gráfica Recíproco, muestra 3

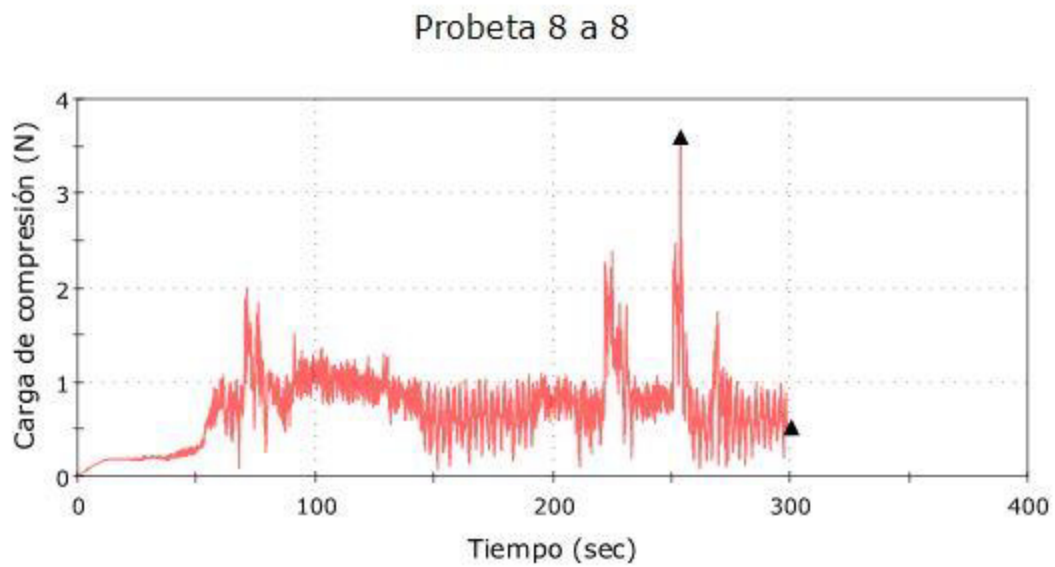


Figura 56. Gráfica Recíproco, muestra 4

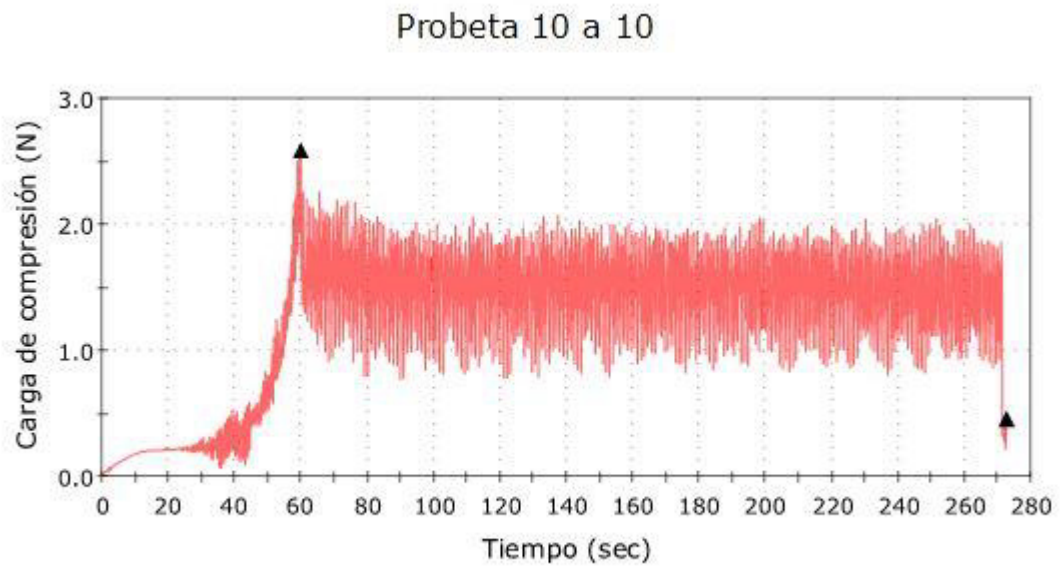


Figura 57. Gráfica Recíproco, muestra 5

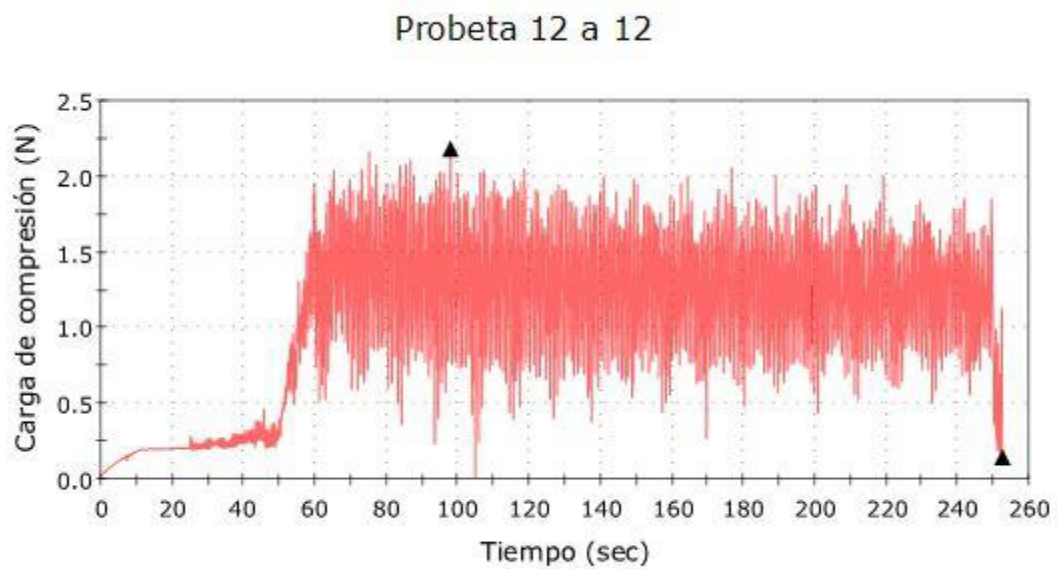


Figura 58. Gráfica Recíproco, muestra 6

Probeta 14 a 14

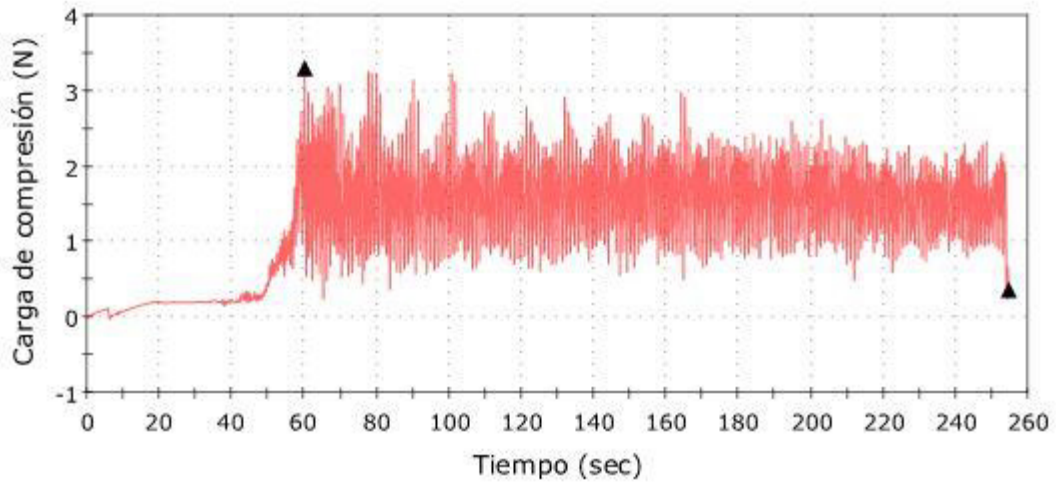


Figura 59. Gráfica Reciproc, muestra 7

Probeta 16 a 16

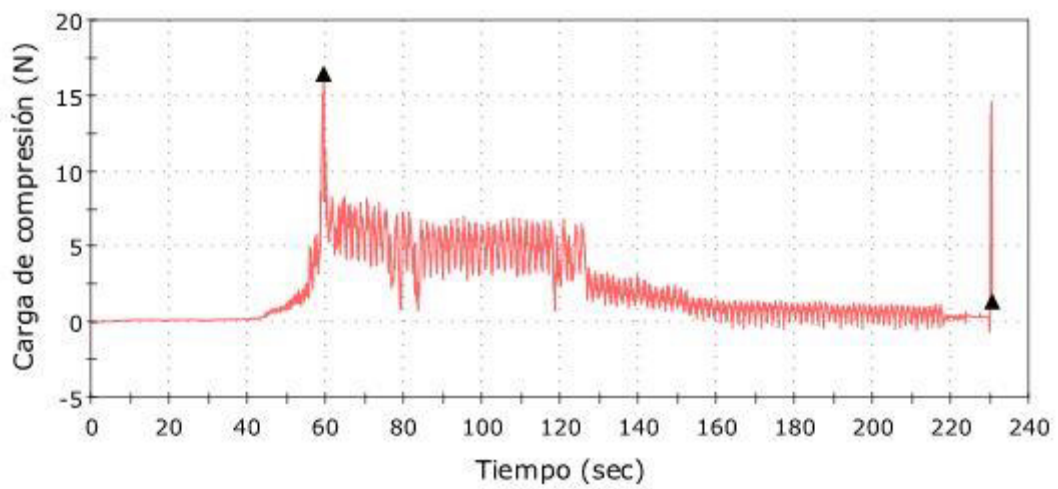


Figura 60. Gráfica Reciproc, muestra 8

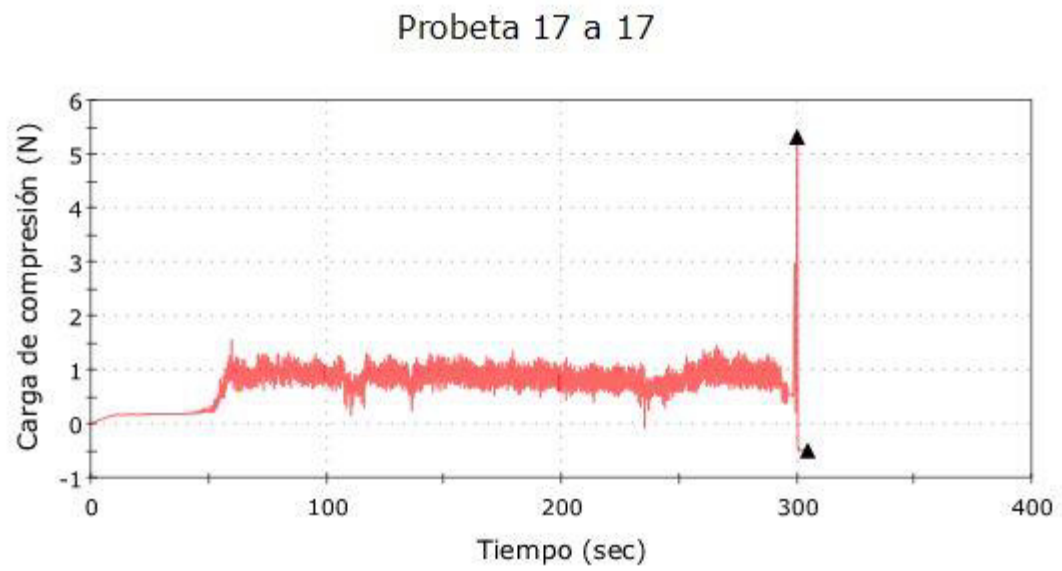


Figura 61. Gráfica Reciproc, muestra 9

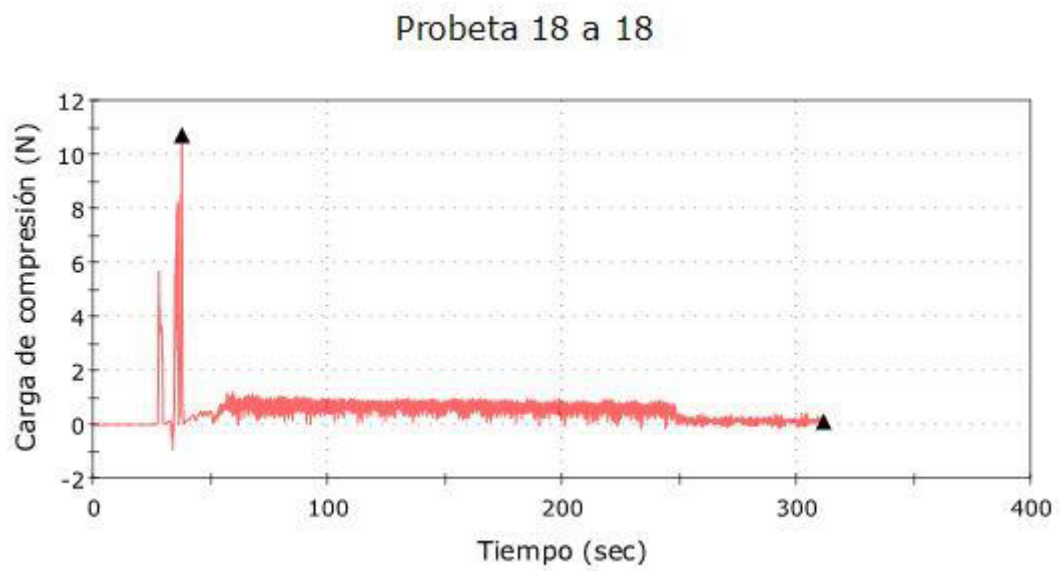


Figura 62. Gráfica Reciproc, muestra 10

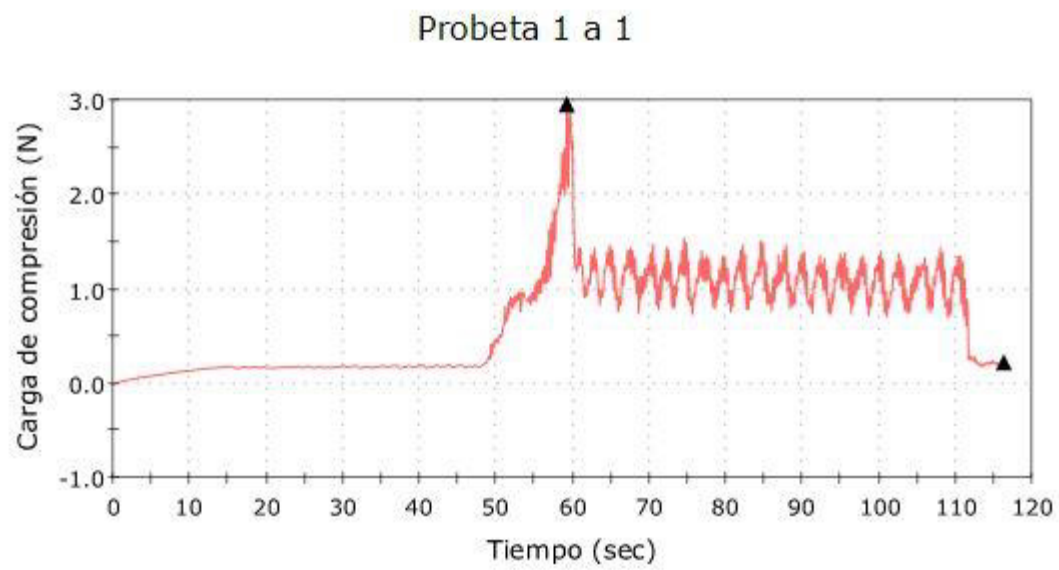


Figura 63. Gráfica Wave One, muestra 1

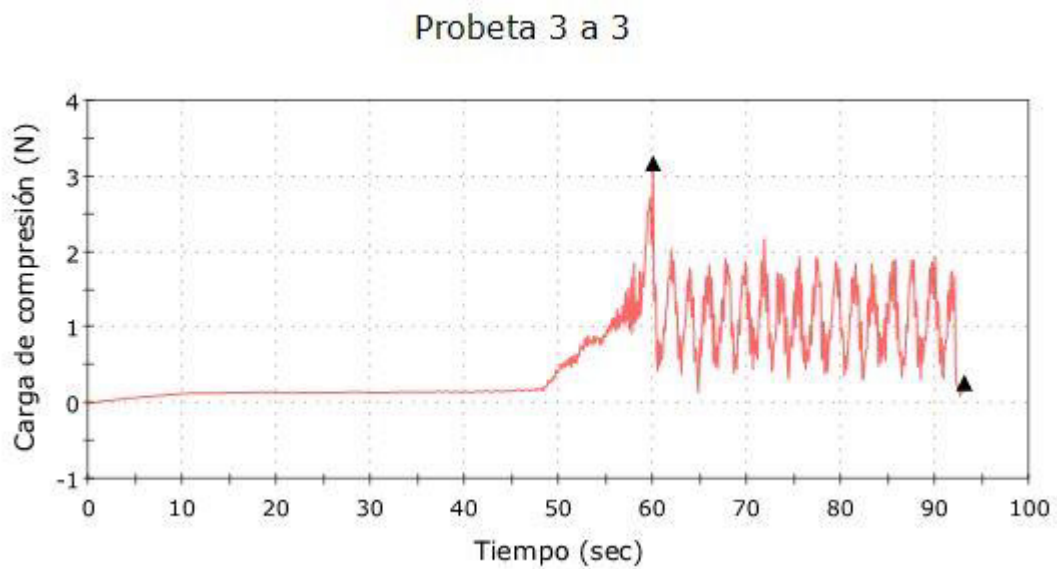


Figura 64. Gráfica Wave One, muestra 2

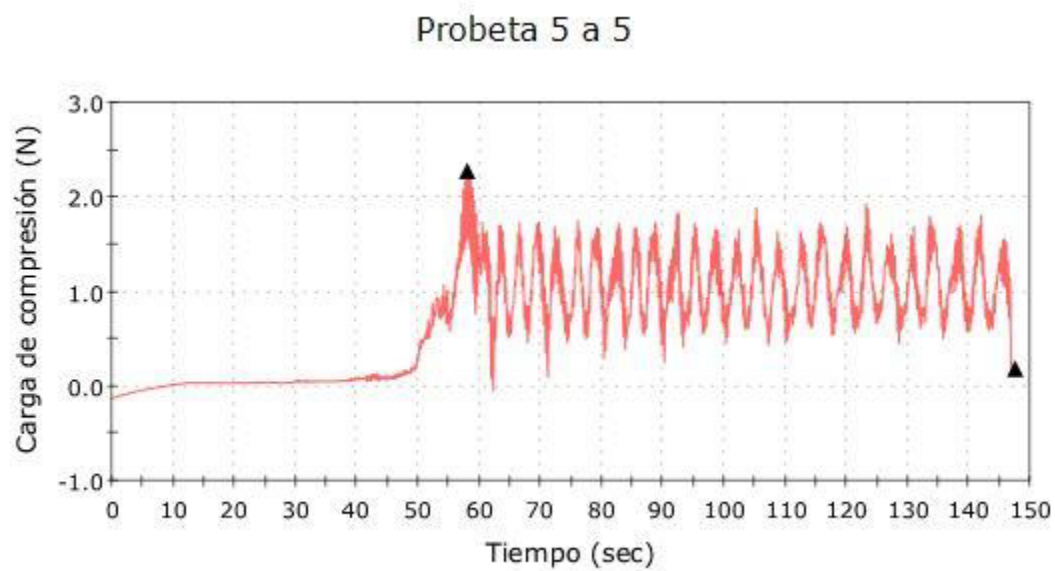


Figura 65. Gráfica Wave One, muestra 3

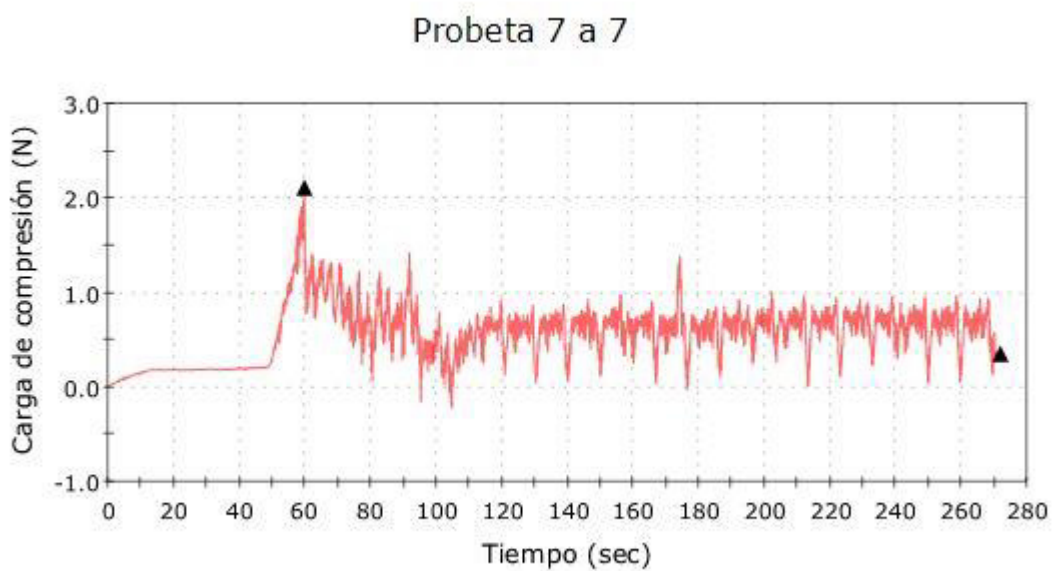


Figura 66. Gráfica Wave One, muestra 4

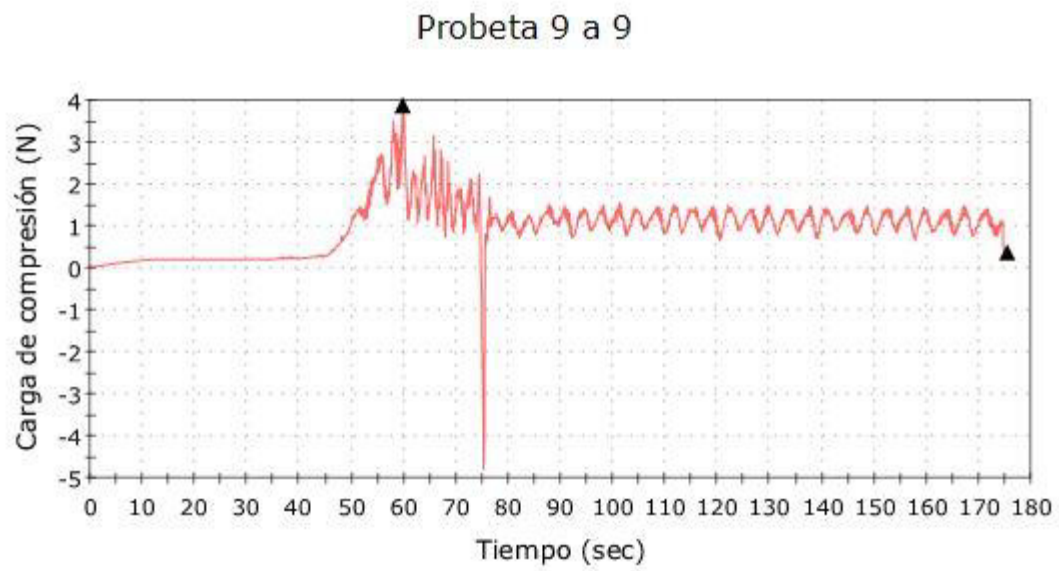


Figura 67. Gráfica Wave One, muestra 5

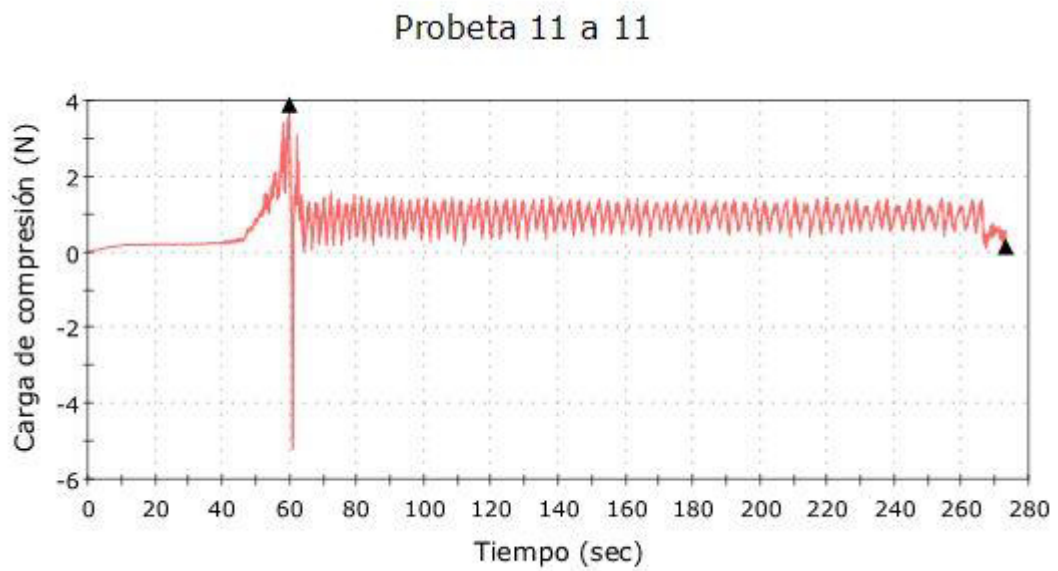


Figura 68. Gráfica Wave One, muestra 6

Probeta 13 a 13

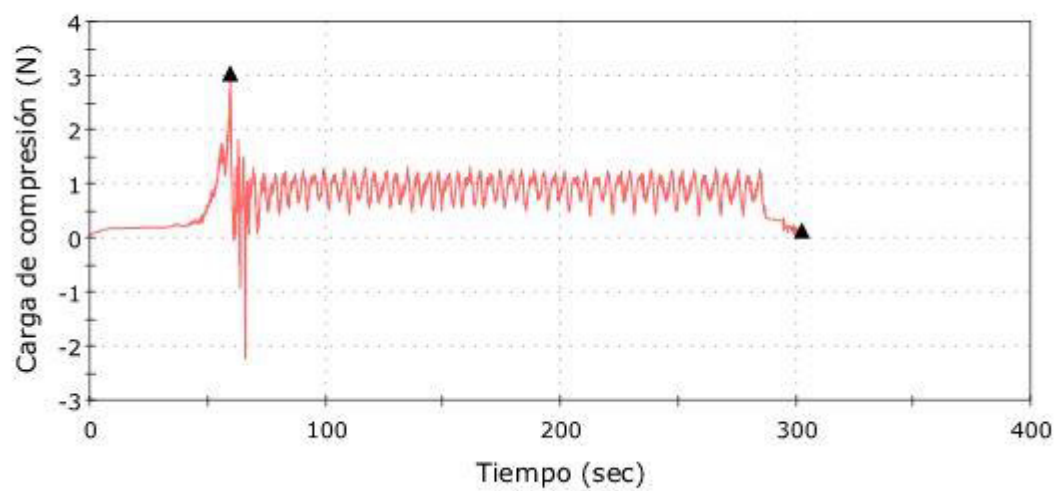


Figura 69. Gráfica Wave One, muestra 7

Probeta 15 a 15

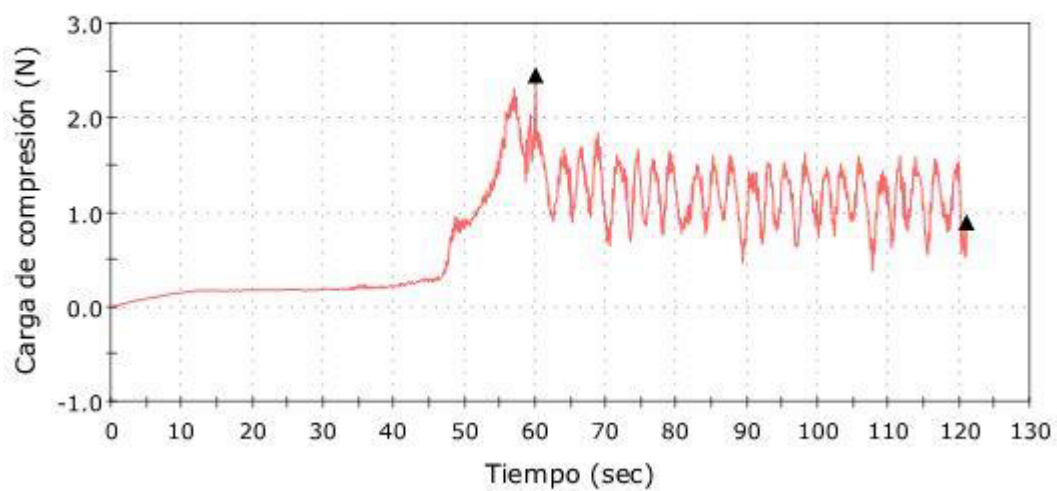


Figura 70. Gráfica Wave One, muestra 8

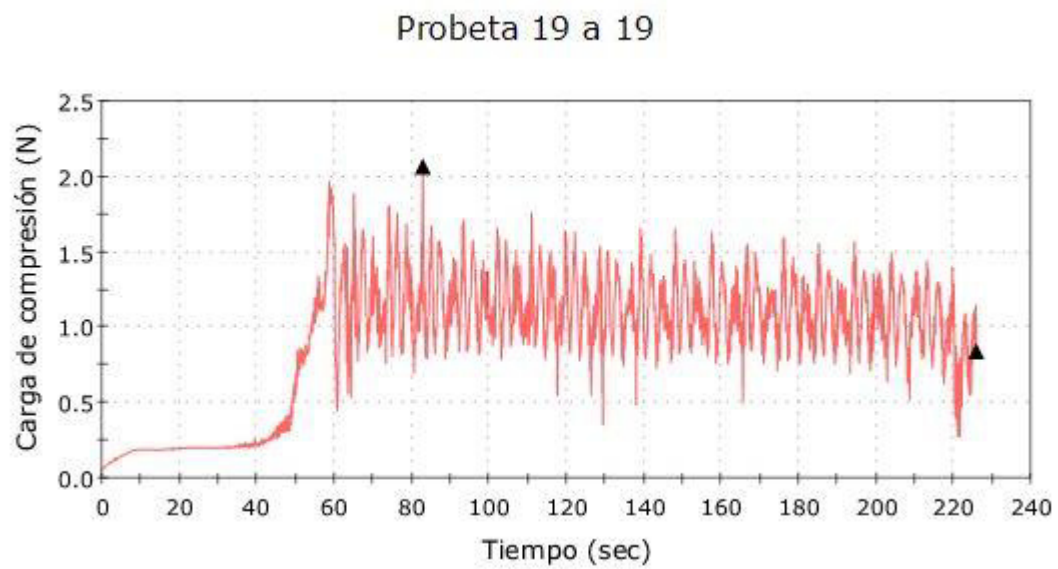


Figura 71. Gráfica Wave One, muestra 9

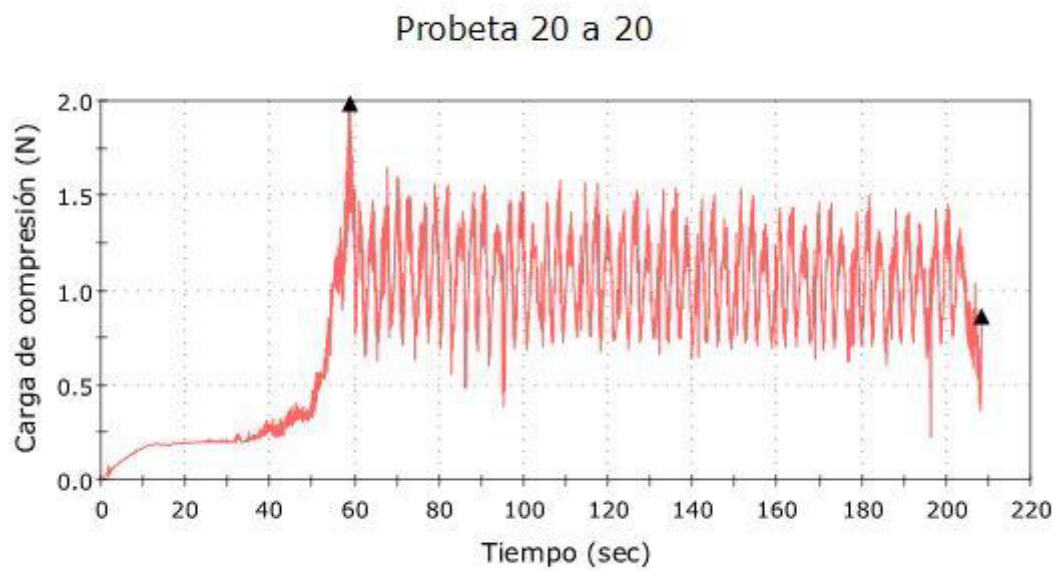


Figura 72. Gráfica Wave One, muestra 10

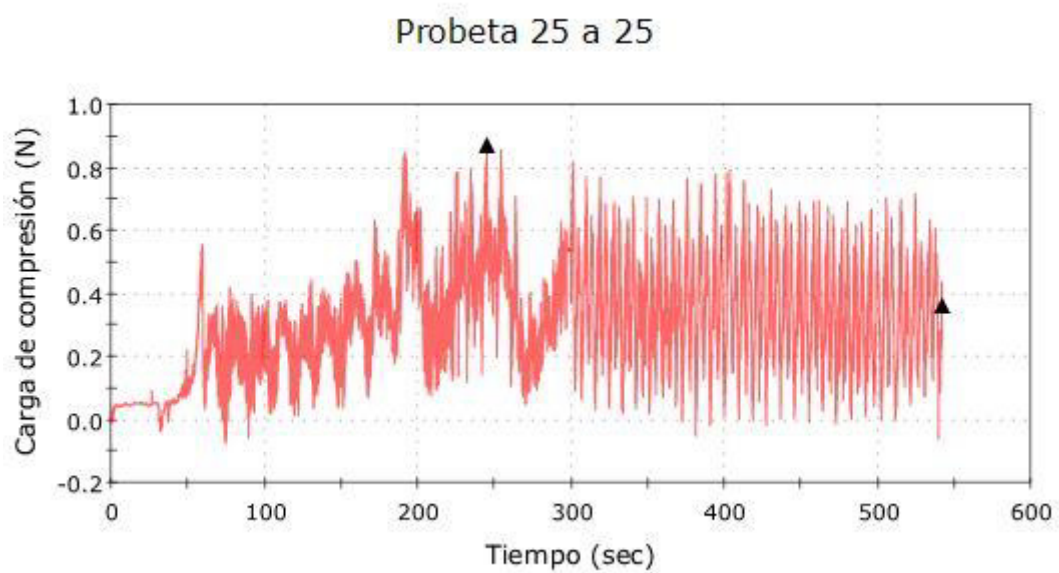


Figura 73. Gráfica Wave One Gold, muestra 1

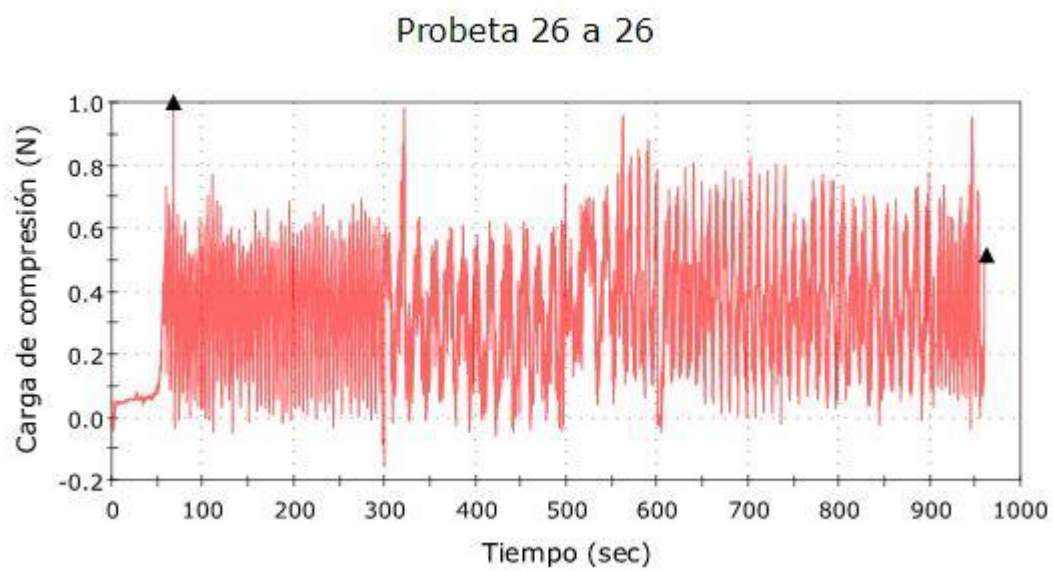


Figura 74. Gráfica Wave One Gold, muestra 2

Probeta 27 a 27

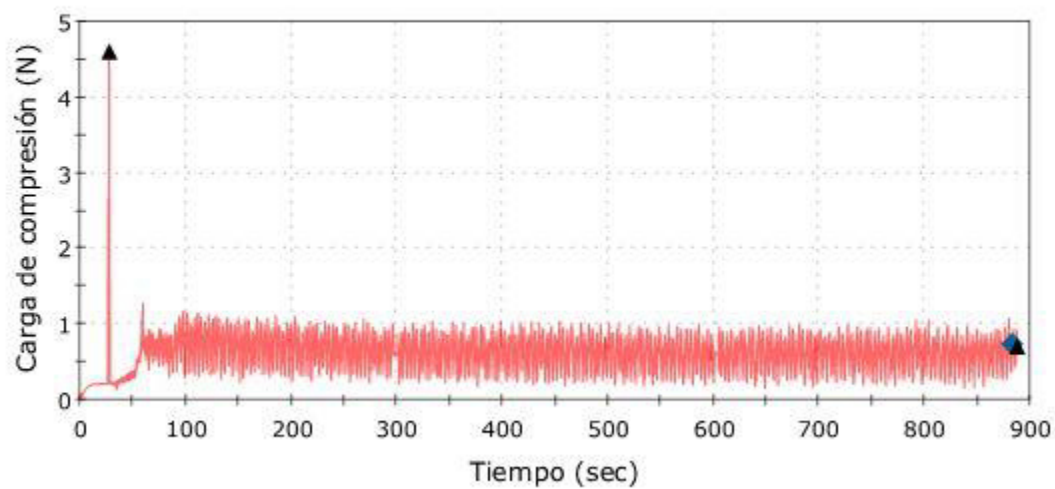


Figura 75. Gráfica Wave One Gold, muestra 3

Probeta 28 a 28

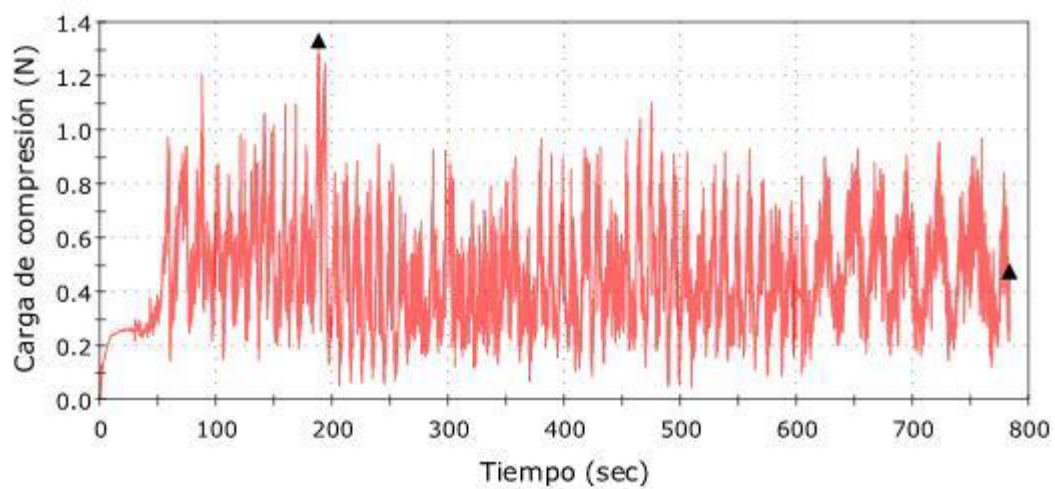


Figura 76. Gráfica Wave One Gold, muestra 4

Probeta 29 a 29

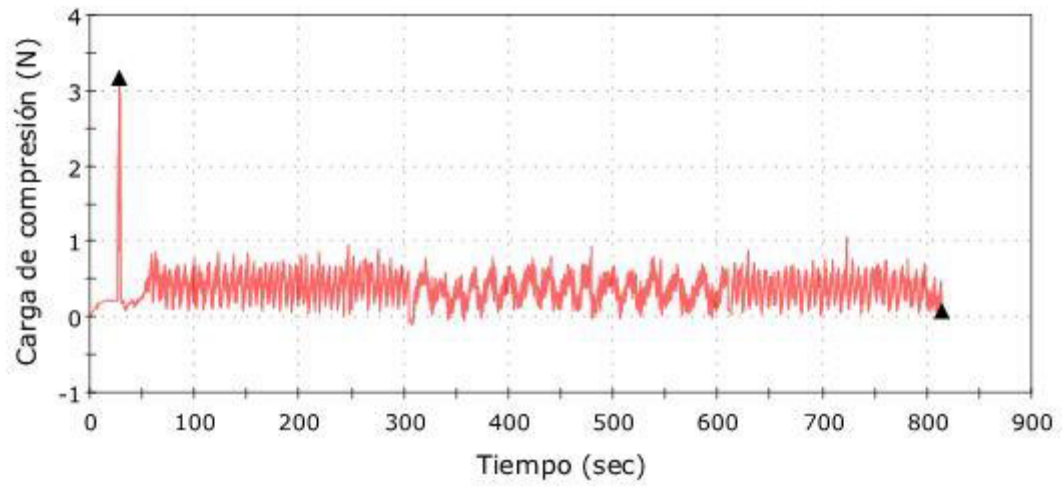


Figura 77. Gráfica Wave One Gold, muestra 5

Probeta 30 a 30

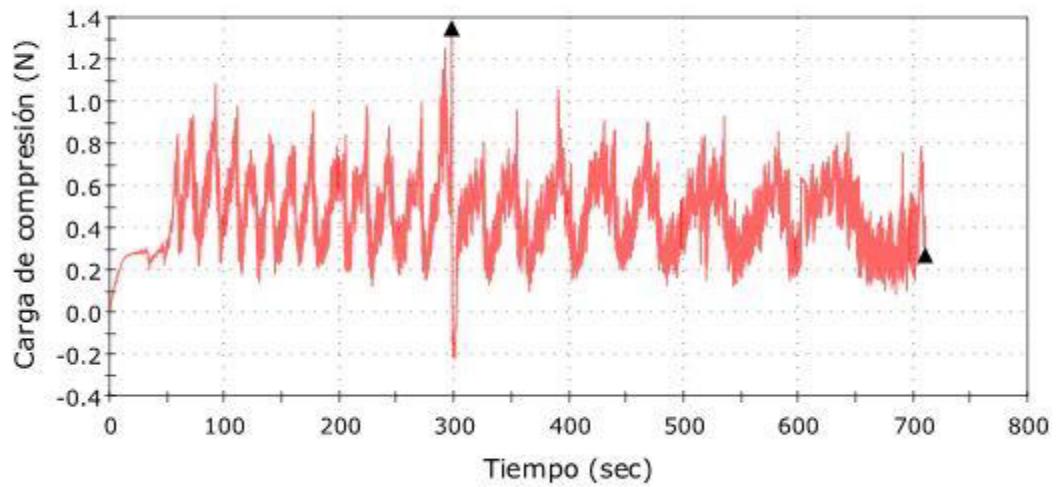


Figura 78. Gráfica Wave One Gold, muestra 6

Probeta 31 a 31

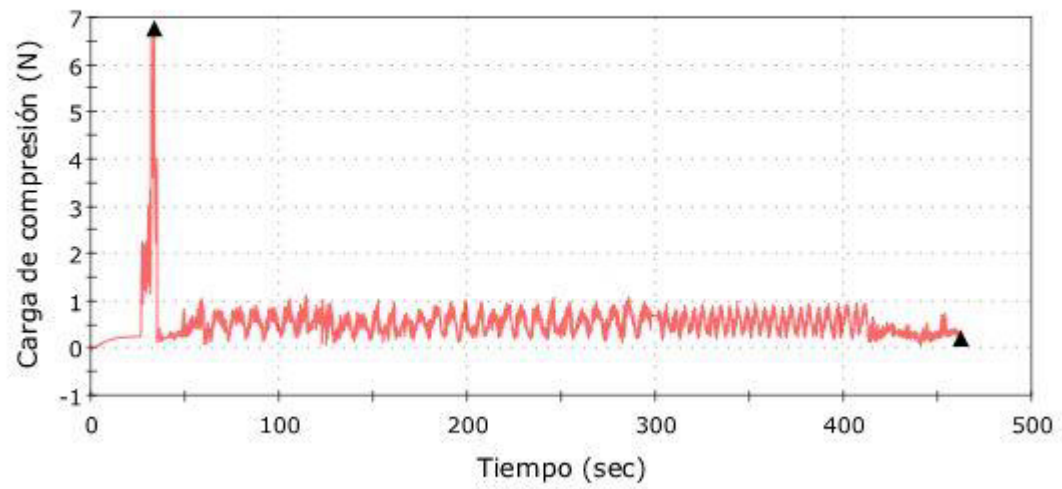


Figura 79. Gráfica Wave One Gold, muestra 7

Probeta 32 a 32

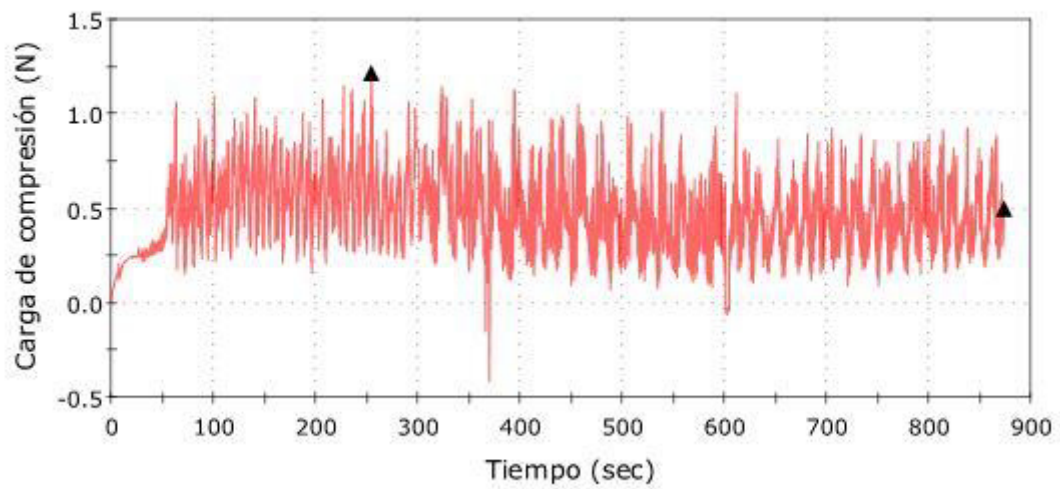


Figura 80. Gráfica Wave One Gold, muestra 8

Probeta 33 a 33

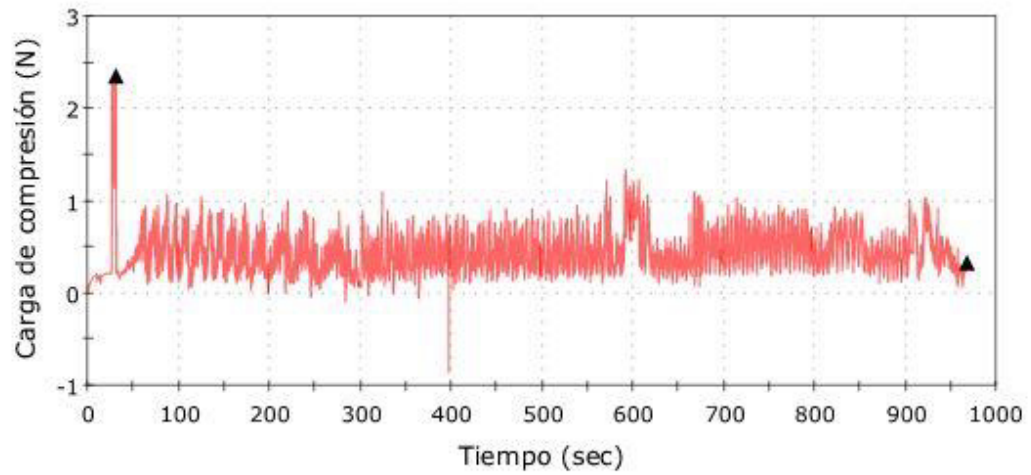


Figura 81. Gráfica Wave One Gold, muestra 9

Probeta 24 a 24

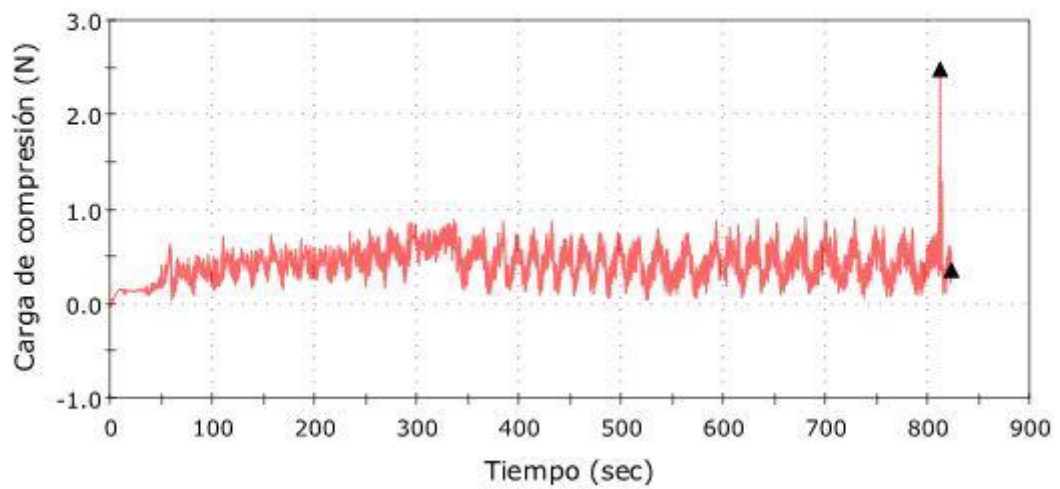


Figura 82. Gráfica Wave One Gold, muestra 10